目錄

本書附圖目錄

本書附表目錄

化學發達史

第一章　火的學說史

從上古一直到十八世紀，關於物質組成的觀念，都不外一個基本的原理，這原理是根據火的破壞作用而產生的。牠的內容，就是說「可燃的物質」是合體的，或稱複雜物；而「燃過的物質」是簡單的，或稱元素。根據這個原理所產生的火之學說，計有下列四種：

（1）希臘亞力士多德的四元素說；

（2）討論金屬組成問題的鍊金術學說 (alchemical theory)；

（3）討論根本原質 (hypostatical principles) 的藥物化學的學說 (iatrochemical theory)；

(4)燃燒素學說(phlogiston theory)。

我們如果要想徹底瞭解這四種學說，必須首先記牢下邊的兩件事：

第一、這些學說都是以火的破壞作用做根據的；

第二、他們所稱的元素，都是能抵抗火的作用的物質。

十八世紀以前研究化學的學者，都認為火是化學變化的骨幹，甚至相信牠是一種物質，因而形形色色的關於火的學說，接踵而起。直至十八世紀，法國大哲拉瓦錫(Antoine L. Lavoisier)氏苦心實驗之後，纔把以前各種火的學說推翻，而建立了所謂之「現代化學」(modern chemistry)；從此這門學科纔走上眞正科學的大路，而在無形之中才替人類增加了無量的福利。

在拉瓦錫氏生前一百年，英國有位名叫波義耳(Robert Boyle)的哲人，發覺鍊金術學說家(spagirists)和亞力士多德學說家(Stagirists)兩派主張的錯誤，便給他們一個不偏不倚的批判，結果遂搖動了一般學者對於火的學說的信仰。就現代化學所論及者而言，火的作用是化合的，而不是破壞的，所以以前種種火的學說都沒有存在的餘地了。不過我們若把他們所討論的

「燃燒力的消失和復原」，以及「燃燒力能自一個燃燒體轉移到另一個被燃燒體上」等等問題，加一番考索，便不難瞭解以後關於氧化（oxidation）和還元（reduction）兩種作用的應用，都是得了他們大助力的！

雖然在拉瓦錫氏以前，引導化學的，不僅是火的各種學說，以外如溶液（solution）問題也是十分重要的。十七世紀所發生的「成鹽學說」（salt-formation theory）就是從溶解方面研究出來的；可知前人對於溶液問題，一定老早注意到了。

所謂成鹽學說，就是說「鹽乃是由酸和鹼兩種物質而造成的」，這種學說以後一再地經過拉瓦錫氏補充和其他各位學者的修正，發榮滋長，蔚為大觀，中間絕未被人廢棄過。直到現在，成鹽學說依然是一種能引導學者前進的原理；因此我們可以說，化學在發明了成鹽學說以後，纔逐漸成一種眞正的科學，在這時以前不過只是一種技術罷了。關於成鹽學說的歷史及影響，以後當於第三章中細述之。本書並擬將古代成鹽學說的意義，以及成鹽學說和現代化學的關係，加以研究。不過成鹽學說不如火的學說更古，本書是以史的線索而敍述化學發達之過程的，故先從火的學

說講起。

最初的各種發明、思想、學說和工藝，凡是關於化學方面的，都與火有關；推其源，當在人類有史以前。雖然火的各種學說，沒有一種能永久成爲一部分科學的，可是牠們的勢力，卻一直傳到十八世紀的後半葉。我們若把火的各種學說的意義歸納起來，而求出其發軔點，便可發見這一般學者都是承認「火能把一切的化合物分成元素的」。這些學說雖然在現今沒有一種能夠存立的；但有幾種和牠們有關係的思想，卻依然爲現今科學的一部分。譬如自然界的勻一理論 (uniformity)，物質的不生不滅論，化合物和元素的理論，原子說，以及引起糾紛最多的物質改變論 (transmutation) 等等。

火是人類有史以前的發明物，沒有記載流傳後世，所以牠的發明人和發明時代，都無從考查。就是最初人工生火的方法是怎樣發明的，也沒有記載了。總之，世界各處的人民自從有史以來，都很瞭解火的用法，就是現在住在荒島地角上文化極幼穉的原人，也都知道用火。不過人民知道用火的方法，決不在同一個時期，這是根據文化史迹而我們可以斷言的。大概知道用火較早的民族，

當然比較不知道的民族，或知道較遲的民族，在勢力和文化上都要高些。事實或許是這樣的，人民知道用火法的時期，比較知道生火法的時期早得多——因爲人類最初所有的一把火，或來自火山的噴發，或源於雷閃的電擊，不一定是由他們「生」起來的。據說人類知道用火，至少在二萬年之前，但「生火」則在其後。據人類初期歷史的記載，世界各國的民族，雖然都很熟識了火的「動靜」和牠的用法，但是「不見得」每一個民族都曉得造火的方法。英國人類學大家泰耳（Tylor）氏對於原始的塔斯馬尼亞人（Tasmanians）有一段記載，他說他們徒知用火的方法，而不知生火，這是可以佐證的。不過，無論如何，在沒有發現燐，沒有發明火柴以前，人們要生火終是很麻煩的；因此古人把練習保持燃燒（或火種），使火焰永遠不滅的工作，成爲社會上重要事業之一。埃及人在每個廟內長燃着一盞燈，而波斯、希臘、羅馬的人民，也在每一個城市和村落內，也長燃着一堆火。有時且把火運送到很遠的地方，甚至越海而送到海島上去。希臘人在敬拜火神如盜取天火神（Prometheus）、金工神（Hephaistos）和守護神（Athene）（註一）之時，有一種「傳遞火把的接力賽」；這種競賽的來源，或許就是從前人民把火炬很快的由這村搬到那村的遺迹吧。

人們在還不會知道怎樣使用火的時候，一定早已看見火了。譬如電光的閃耀和火山的噴裂，此種火祇會予人以恐怖而不能使人們去親近牠，去利用牠。並且存在的時間也不能過久。但世上也有在某種環境之下發生的火，不但不會使人恐懼，而反能使人去利用牠。例如裏海西岸巴庫(Baku)附近的天然火，在有史以前，早已燃着了，直到現在。在美索不達米亞和其他各處，也有類似這樣的大發現。這種火最初是怎樣燃灼的，已不可考；或許是由電光等天然媒介而燒起的。亞諾爾特(A. Arnold)氏在一八七五年到巴庫(Baku)遊歷；在他的遊記裏，他說：

「我們從巴庫行十二俄里，來到世界上一座最古的神壇，其上猶燃着天然的祭火。蘇拉干尼(Surakhani)或者就是世上最古崇拜物存在的地方。」

世上最古的崇拜物，種類頗多，但是火乃其中之一。

韓威氏(Jonas Hanway)在一七五一年出版一本高加索山域旅行記(*Travels in the Caucasus*)，其中曾描寫過一般拜火教徒(guebers)所稱的「長生火」，他說：

「那邊一片二哩周圍的土地，有一種令人望之驚奇的特點，你如將地面的泥土掘去二三吋，

然後再把一塊燃灼的煤炭放上，則被挖的地面會立時燃着。如果用一根管子插入土下二吋深，再用泥土密封管底的四周，然後在管子的上口，放置一小塊燃灼的煤，鼓口吹風，那管口便能立刻發生火焰。若是管的基部被土封得很密，那根管子是不會被火燒壞的。那裏的居民，就用這種方法，在家裏從地下用管子引火，用作夜晚的燈光。同時他們也用這種火去燒石灰——他們把石頭一塊一塊地堆在管口的上面，大概連燒三天，可以完全變成石灰。在這片土地的附近，並可掘得硫黃，也有石油泉（naphtha springs）發現。」

這種火的發生，不惟不似火山噴發或雷閃轟擊所成的火爲可怕，並且存在的時間也更久。人民發現牠以後，不久就會知道去利用牠點燈、取暖和烹煮食物了。這時也用不到人造的火，祇須把這種天然的火移東搬西，其流傳就會廣大了。按照希臘人的傳說，火不是由雷神蔡蘇斯（Zeus）賜給世人的，乃是由名叫卜魯美沙斯（Prometheus）的天神偷出來的；他的家（或者說是監獄）便是高加索山。所以這片地方，即使不能說是火的最初出生處，也可以稱爲最初教人怎樣用火的教室（見註一）。

由普通用火來養食燃物，漸漸進爲化學的工藝和製造。於是冶金術和製造石灰、灰泥（mortar）、磚瓦、陶器及玻璃等工業，遂相繼發明。羅馬作家普林尼（Pliny 23-79）氏對於玻璃起源，有詳細的記述；他說是由一些腓尼基人（Phenicians）在沙灘上做天然重碳酸鈉（trona）的爐竈而偶然發明的。例如一塊泥土的竈可以燒成磚塊，一塊石灰石的竈可以燒出石灰，都是屬於相同的原理。泰耳（Tylor）氏猜想最初的陶器，是用泥土塗在竹籃上，經過烘焙而成的，所以現在發現有許多古代陶器，其上尚有柳條編織物的痕跡。等到火的用處漸漸擴大，天然來源不敷應用，人們纔四處去找覓燃燒的材料，其中有各種礦物，如硫化銅和硫化鉛等，一燒之後，就成爲溶解的金屬。我們如果把一堆方鉛（硫化鉛）和其他燃燒材料一同燃燒，過後或許可在其中找到一塊金屬質的鉛，也未可知。

古人造火方式，大別可分三種：（一）鑽木取火，（二）擊石取火，（三）用凸鏡自日光取火。三種之中，第一種流傳最廣，大概起源最古。第二種也很有名，翡哥人（Fuegians）（註二）和依士企摩人（Esquimaux）（註三）都用牠，因爲他們居住之處，很難找到乾燥的木料。前一種人用的是

石英和硫化鐵後一種人用的是火石和硫化鐵。南美洲大陸附近的居民則用火棍。鑽木取火的方法，大概是古人偶然在一堆已熄的灰燼內搗出火來，因而發明的。第二種擊石法，據亞微伯瑞(Avebury)氏猜想他推定在人類用石製器時發現火星之後。關於第三種用凸鏡取火法，希臘波盧塔克(Plutarch 46?-120?)有下列一節記載：

「希臘境內各神廟均燃着永亮不滅之聖火。該火倘不經意而熄滅，則不得用普通火焰燃點，因為他們認為這種火有瀆神明，必須自純潔日光內取得之火方可。彼等慣用一種凸鏡，形如一個等腰三角之回轉形，能將各方光線，集於一點。在日光之下，用這面凸鏡將光線聚在焦點……任何質輕性乾而能燃燒之物，如置於鏡下，感受了日光之熱力，便立即燃燒。」

在羅馬的廟院裏，也燃着聖火，用童貞女尼來看守牠，不可讓牠熄滅，請看下文：

「社稷神(Vesta)前之火若是熄滅了，女尼必受鞭撻，新火係用鑽鑽入一吉祥的木塊內而取得的(*Festus Val Max*)」。

從日光取火的方法，古代的祕魯人也好像運用過，因為在他們的古墓裏，近來發現種種據得

極亮的硫化鐵製的凹鏡。

火的作用造成了古代人民對於物質組織思想的源泉。在很古的時候，已有各種學說，都相信燃燒時必有一種元素在裏面發生作用；這種學說，直傳到十八世紀的末葉纔壽終正寢。

【火之學說】(Fire Theory)——一種物質經過燃燒之後，分解成各種元素。這種理論，是古人最初所採用的。差不多所有能燃燒的物質，都是有機體，當牠們燃燒過後，就遺剩一堆細微的灰燼。

這種假想之火的作用，是以古時熟的定理作結論的；他們承認燃過的物質是單純的，或元素(homogenea congregare)，而可燃燒的物質是混雜的或化合物(heterogenea segregare)。

【四元素學說】——四元素學說所指的，就是土、空氣、火和水，這種學說的壽命，比較任何古代的化學學說爲長久。從亞力士多德(Aristotle 384–322?B. C.)的時代起，一直沿用到巴拉塞爾士(Paracelsus 1493–1541)的時代，就是現在化學上所謂元素的意義，也含有亞力士多德學說的意義在內。

四元素學說是火的學說的一個支系，牠用燃燒的情形來作解釋。在波義耳著的懷疑之化學

家(*Sceptical Chymist*)一書裏曾紀載太米斯塞士(Themistius)的一節言論。太氏是亞力士多德的辯正人;因爲在一個科學討論席上使他無用武之地,所以他很懊喪。或許那時的討論,注重實驗而不尙推測的。他曾經說道:

「如果我能很自由爲四元素辯正,用我的主張來解釋牠們,那你們一定可以不信任那些沒有剖解力的庸師。我可以公正的說「亞力士多德主義」是眞理。因爲一個先覺者所發現的事理,當然比後覺者來得高超而更含有哲理;其信徒就盲然追從,認爲已有的實驗,很能滿意,也不去再找其他的證據;不知這種實驗是永遠不能使人深信的。因爲牠們僅可以作例子,而不能闡揚主義的眞義,抑有何用?我嘗舉出一個唯一的實驗,這實驗雖說祇有一種,但一種已滿足了一切,不必再求其他。諸君請看一塊濕木頭,若是把牠放在煙囪內燃燒,牠就能分離而成四種元素。這四種元素,就是我們討論的,可以說各種混合物都含有牠們。那火焰中發出亮光就是火的本身。在煙囪頂上出來的煙,混入空氣中而消滅,自然是空氣——宛如江河流入大海,有了歸宿,水在木塊的兩端沸騰,發出吱吱之聲,這是世人最不易感覺的東西。所餘的灰燼

從牠的重量和乾燥性看來，無疑的是屬於土元素的。」

這是前人所說的四元素。就他們意見看來，所指的是各種物質的性質，並非指着實在的物質。假定說金剛石的火和水，不是說眞的火和水，而是說像火和水的性質罷了。休厄爾 (William Whewell 1794–1866) 氏有句話最切當，他說希臘人的化學分析，是分成幾個形容詞而不是分成實在的物質。

四元素學說也是該楞(Galen 131–201)氏所倡藥物系統(system of medicine)的基礎。而 element (元素) 一字，也常見於文學之中，下面就是一個例子：

「脫貝先生說：我們的生命是否由四元素組織而成的？

安都先生答：一般是這麼說，不過我想無寧說是由飲食組成的更恰當。

脫貝先生說：你是個學者。好！我們就多飲多食吧。」

在模範聖經譯本 (*Authorised Version of the Bible*) 之內，element (元素) 一字僅在「懦弱和貧苦」一節裏用過二次。但現在這含有古義的字，卻又普遍的通用了，甚至在新聞紙上

也可以見到。

希臘人對於物質組織的學說，雖沒有幫助化學向前發展，但似乎也沒有什麼阻礙，因爲化學的最初部分，對於燃燒問題，關係很少。不過世人對於亞力士多德理論卻多不滿的議論。休厄爾說他們的試驗是不合乎事實的（註四）。柏格門（Bergman）說過：「這種特別的希臘學說，很少有審察和精確的實驗作根據的；他們的學說都是怪誕的偏見和愚笨的幻想」（註五）。拉瓦錫則謂：「那些哲學家的權威依然有很大的勢力，對於後輩一定不利，使我們很有些擔憂的可能」（註六）。

【煉金術之火的學說】——這是在四元素學說以後的一種火的學說，只是我們不能確定牠在什麼時候創始的。但在第八世紀葛伯爾（Geber）（註七）的著作中已見到這種理論。牠是一般煉金術士努力於「變質」研究的嚮導，更明白地說，這個學說是專論金屬變成的一種學說，謂金屬由硫和汞所組成。據煉金術士所知，金屬中除金和銀外，經煅燒（calcination）之後，必失牠的金屬狀態；所以有許多礦物，如硫化鐵和硫化鉛等，經煅燒之後都失掉金屬狀態，且在煅燒時，有硫黃煙（亞硫酸）沖出來。由這種情形看來，金屬之能燃燒，似乎一定因爲含有一種燃燒素（硫黃）

而起的。至於牠們所以失去金屬狀態的，一定因爲失去了汞質。且就當時學者知識所及，惟有汞是能蒸發的金屬。至於金屬的煆渣，若用木炭加熱之後，又能回復其原狀；這種情形又促使他們發生木炭裏含有植物質的汞的假設。硫和汞兩個元素，是物質而非形容字，所以直到今日仍列在元素表的裏邊。

【根本元素的學說】——此說爲巴拉塞爾士(Paracelsus)所首倡，他是藥物化學學說的創始人。當他在貝爾(Bale)做教授時，第一次上課就把該楞(Galen)氏的著作燒燬，作爲第一個實驗。在化學史上，他或許是第一位經政府委任的化學教授。

巴拉塞爾士採用煉金術的硫和汞，惟又將「鹽元素」加入其中；後來還有幾位藥物化學家(iatrochemista)，除這幾個元素之外，又加上土和水。

這種元素並不是在空氣中把物質放在火裏燃燒得來的，乃是把物質密封在器皿裏，經過加熱而得的。若用今日術語表示，就是物質經過「破壞蒸餾」而來。並且這種東西不是礦物，也不是金屬，而是植物和動物。所以牠們和四元素又截然不同，因爲四元素是從眞正的燃燒得來的。

這種硫汞和鹽就被藥物化學派稱做「根本元素」(hypostatical principles)。這個論調也是一種火的學說，他們承認硫、汞和鹽乃是經過火的作用而產生的物質，波義耳氏在他所著的懷疑的化學家上，把牠們解釋得很詳盡，他說：

『當彼等用火將一種化合物分解的時候，如果得一種能燃燒而不和水相混合的物質，就稱做硫；如有香味而能溶解於水的，就說牠是鹽類；如果是固定而不能溶解於水的，就稱做土。那末我也可以附帶的說，彼等如果獲得一種能揮發的東西，必不知所適從，且無以命名，結果就稱牠做汞了。』（見*Sceptical Chemistry* p. 230）。

波氏的懷疑的化學家一書，就大體而言，都是攻擊根本元素學派的主張，而對方經過了這番攻擊，便一蹶不振了。

波義耳氏作這本書的動機，是因為他對於巴拉塞爾士的門徒的意見太不滿意；但他對於巴拉塞爾士本人，還有同情的地方，所以對他個人的批評緩和得多。他在懷疑的化學家四三三頁上曾說過：

「在巴拉塞爾士的著作裏，時常有渺茫而欠圓通的文字，因此他竟把那些極有精彩的實驗，常使讀者迷惑厭倦，而不能得着要領。我知道巴氏自己是瞭解了，不過他不能明白地表示出來。」

藥物化學家所教的，就是上述幾種哲學的元素——硫、汞和鹽。但這種元素並不是我們現在所稱的硫、汞和鹽。當他們作蒸溜的時候，很難確定何者爲鹽，何者爲硫，何者爲汞；所以休厄爾說：「他們所定的名稱，無非爲他們的思想委曲求全而已」。這種元素，也沒嚴格的定義；例如酒精一物，有時稱做硫，有時又稱做汞。其中尤以汞的定義最難摸索。培魁英斯（Beguinus）氏曾爲初學化學的人著了一本化學啓蒙（*Tyrocinium Chymicum*），其中對於汞所下的定義是：

「汞是一種質輕而澄清的流體，可在酸中濶散，凡各種滋養料、知覺、運動、氣力和顏色，均賴着牠而發展，尤能使人不老。」

波義耳氏譏諷培魁英斯的定義是一篇「汞的頌詞，絲毫沒有科學的意味，這個批評是很對的。」

波 義 耳

(Hon Robert Boyle 1627-1691)

約翰生 (Ben Jonson) 氏在所著的鍊金術士 (*Alchemists*) 一書上，對於汞的解釋也是十分含糊，他寫道：

「Subtle 問：「你所說的汞究竟是什麼東西？」

Face 答：「先生，這是一種極輕渺的東西，在瞬間就消失了。」」

【燃燒素學說】 (*Phlogiston*) ——十八世紀的燃燒素學說原來是由基本元素的學說推演而來的，牠是火之學說的迴光反照，也是當時學者維持「火能分解化合物為元素」一個原理之最後的努力。

在那時的學者已知鹽是由酸和鹼化合而成的，並且在化合以後，牠們就不是單體的原質了。司太爾 (Georg E. Stahl 1660–1734) 的燃燒素學說，就是把硫和汞的性質，以及揮發和燃燒兩種性質混為一談，而造成的假設——其實乃是一個荒誕的觀念。司太爾氏有一個主要的實驗，做他的學說的證據，以邀當代學者的信服；但是你如果一考究這個實驗的由來，卻又須歸功到波義耳的身上。因為當硫黃經燃燒之後，會產生硫酸 (sulphuric acid *per* Campanam)，所以要

製造硫酸，就可用這種法子，恰和古時用明礬和綠礬（green vitriol）經蒸溜而製成硫酸一樣，這是普通一般人所知道的。此外波義耳又發現硫酸如和松節油共同蒸溜，仍會回復硫的原狀，此事均載在懷疑的化學家第三一三頁。從此看來，以前所謂燃燒（即氧化）和不燃燒（即還元）僅限於金屬的煅渣（calces），現在可以用在一般能燃燒的物質上了。司太爾氏大部分根據着這個實驗，並採用金屬的燃燒和還元等學說，而認定硫黃失去燃燒素之後，即變成硫酸；若是硫酸得了燃燒素。又變成硫黃。並且金屬失去了燃燒素，即變成煅渣；煅渣得了燃燒素，又能回復為金屬。他論燃燒素說道：

「我以為燃燒素是一種原始的可燃燒的元素，極能產生熱力，即在化合物中，與其他元素相遇時，亦能產生熱力。」

他又說：

「燃燒素是一種有實質及形態的元素，當牠運動劇烈的時候，即能發火。若是礦物和大部分金屬在空中燃燒以後，燃燒素就自動地逃去，原物便化成一種形似灰燼的東西。鉛、錫、銅、鐵等

的煅燒，均有這種現象。」

他又說：

「這種火質存在動、植、礦三界之中，並無稍異，故能自植物傳至動物，又能從動、植物中而傳至礦物，甚至能傳給金屬。」

司太爾氏認為「燃燒力」是能從一個「燃燒物體」而傳到一個「已燃燒物體」之內的，故硫黃經燃燒之後，即成硫酸；若是硫酸又和一種能燃燒的物質共同加熱時，又能變成原來的硫黃。

燃燒素學說是在一七〇二年創始的，但當司太爾氏生時（1660–1734）以及他死後的四十年之內，這種學說並未引起化學界的注意。他死了四十年之後，纔有普利斯特利、徐萊（Scheele）和加萬粒栗等氏相繼採用，以解說他們所發見的各種氣體的性質。這個學說用以解說別的還可，用以解釋氣體便不免有些牽強。實則，燃燒素是一種燃燒的質素。普利斯特利（Priestley）氏稱養氣為脫燃燒素的空氣（dephlogisticated air），稱淡氣為燃燒素化的空氣（phlogisticated

air）；照他的意見看來，空氣似乎已經能燃燒，而淡氣更能燃燒了。加萬狄栗（Cavendish）氏有一時把養氣當作脫燃燒素的水（dephlogisticated water），那末照他的意見看來，水又似乎能燃燒的東西了。這兩人的見解，眞是可笑。

瓦特孫（Watson）氏在他一七八一年所作的化學論文裏對於燃燒素有最詳盡的科學見解，他從沒把牠當作一種物質看待。他說：

「你當然不能希望化學會從燃燒的物體內分析出來幾兩燃燒素拿給你看；同理你也不想從一塊磁石、一個重體或一個帶電的物體，取出一些磁力、吸力和電力來。」

所以假使我們把「燃燒素學說」裏的燃燒素一個名詞，用一個「力」字來代替，這學說就高明了；瓦特孫的意思，似乎也就是這樣的。但這種見解要根本把燃燒素不當爲物質看待，那又不是司太爾所創立燃燒素之本意了。其實，如果能用這個眼光來解釋化學變化，無異於用物理變化來作譬諭，一切困難，都可迎刃而解。

瓦特孫（Watson）氏對於燃燒素的見解，和拉瓦錫（Lavoisier）氏對於「燃原」或「柯

樓瑞克」(Caloric)的見解，是屬於同一性質的。原來拉瓦錫氏所攻擊的，是世人把燃燒素當作一種有實體的物質(material substance)，所以他說：

「化學家已經把燃燒素造成爲一種廣泛的理論，沒有嚴格的定義。所以用牠無論解釋何種變化，均能適宜。有時燃燒素是有重量的，有時又沒有重量；有時是純粹的火，有時又和土相混合；有時能穿過容器之微孔(pores)，有時似又不能通過；甚至牠能解釋腐性，又似乎能解釋防腐性；能解釋透明，又能解釋暗昧；能解釋顏色的存在，又能解釋其不存在。牠實在可以稱做變幻無窮的東西了。」(註八)

實在拉氏還可以再加一句，說牠「能解釋燃燒，又能解釋不燃燒」，不是更有趣味麼？

拉瓦錫氏是在一七九四年上斷頭臺的，在他未死之前，他的燃燒學說已爲一般化學家所採納了。但加萬粒粟和普利斯特利二氏依舊不信，雖然他們的實驗，和卜拉克的工作，都對於拉瓦錫的學說有莫大的助力，然而他們也有他們始終不變主張的理由。

加萬粒粟(Cavendish)氏認爲這樣改變思想是無意義的。他以爲「加脫燃燒素的空氣

(即養氣)到一個物質裏是和取去這物質的燃燒素而加水進去』(註九)是同樣的;也就是說『脫燃燒素的空氣是酸化素』和說『酸素與燃燒素化合之後失去了牠的酸性』是同樣的。

普利斯特利(Priestley)氏曾說過他是首先和信拉瓦錫氏主張的(註一〇),但從他發現和輕氣不同的一種可燃氣體(inflammable gas)之後,卻又不願改變原來的意見了。普氏的這種氣體,是從通過水蒸汽,經過盛有燒紅的木炭的管子而得的,以牠的重量和體積看來,似乎不是完全從水中出來的。這種氣體,亦可用鐵丹(氧化鐵)和木炭同熱來製取。其實這種氣體就是現在的一氧化碳。只因那時學術界裏的人物,不能解釋牠的真性,遂成為化學上的大疑問;直至一八〇〇年可如克山柯(W. Cruickshank)氏纔明白斷示牠的真面目。可氏把這種可燃空氣(CO)和養氣化合,即有固定空氣(fixed air)發生;那時的固定空氣就是現在的碳酸或碳酸氣。此外可氏又發現有鋅和鐵屑同燒,也能製取牠。

(註一)「盜取天火神」是希臘神話中半神半人的神,因為他盜取天上的火,又把用火的方法傳給世人,因是觸怒了 Zeus 神,被 Zeus 神釘在(Caucasus)山的岩上,每天命令一隻老鷹來啄食他的肝臟,以作懲戒。盜火神原名 Prometheus。

是希臘宗教上掌管金屬工作和火的神，他是Zeus的兒子，Aphrodite的丈夫。守護神在希臘神話中是掌管智慧學術戰爭和技藝的神。

（註二）住在南美洲南端提厄剌·得·佛哥羣島（Tierra del Fuego）上的土人。

（註三）住在北美洲北極部，北極圈內的蒙古民族。

（註四）見 Whewell: *History of Inductive Science*（休厄爾著歸納科學史），一八三七。

（註五）見 *Origin of Chemistry*, p.71.

（註六）見拉瓦錫著化學要義（*Elements of Chemistry*）一書的序言。

（註七）葛伯爾原名賈璧（Jabir ibn Haiyan），爲第八世紀阿拉伯煉金學說大家。他有一本宇宙根本原理導論（*Summa Perfectionis Magisterii*），其中論煅燒和鉛丹等等甚詳；請參閱黃素封譯燃燒素學說史（萬有文庫二集），第二四第二五頁。

（註八）見拉瓦錫全集（Lavoisier: *Œuvres*）第二册第六四〇頁。

（註九）見英國哲學報告（*Philosophical Transactions of the R.S.*），一七八四年刊印本之第一五一頁。

（註一〇）見普利斯特利著實驗（*Experiments*），第一册第二八一至二八七頁。

第二章　物質改變和鍊金術史

物質改變 (transmutation) 的思想是希臘哲學的一部分，由火的學說分演而來的。最初祇是應用科學上的一個問題，但因缺之實驗的證明，所以這種理想獨自成為一種玄妙莫測的學說，相沿至數百年之久。所謂物質改變，最初確是泛指一切物質而說的，其中包括當時哲人所承認的元素（實係化合物）在內，並不祇限於金屬。這一點可舉柏拉圖 (Plato, 427-347 B.C.) 的著作為證。柏拉圖在他的底馬伊奧斯 (*Timaeus*) 裏，對於元素的改變曾說過這樣一段話：

『由於觀察，使我們相信水在凝結 (condensation) 之後，能變而為石為土，若水經過細分 (subdivision) 的手續，則變而為風為氣。燃燒的空氣為火，將火熄滅而凝結之，又可復變成空氣的原形。若是把這種空氣溶解在水裏，即可變而為霧。由此再繼續變化，最後可產生岩石和泥土。』

這種由水變土的問題，爲此後哲人硏究物質科學一個大對象，直至十八世紀纔被拉瓦錫氏所推翻。拉氏根據實驗，證明水經長期煮沸之後，器底所沈澱的土質，是器壁被水所溶解的結果，在一七七七年著文發表。

「四元素說」所舉的四種元素並不像四種截然不同的物質，若按當時哲人的解釋看來，這四種元素像似相同的主要物質，不過所具的「性質」彼此互異而已。同時他們對於各種金屬的意見，也認爲各種不同的金屬，均爲相同的主要物質，所差的只在性質。但事實上，物質改變的思想確在那兒發生。一般鍊金術士都知道銀子可使黃金變白，銅可使黃金變紅；此外若羼錫於銅，可以製成青銅，又把異極鑛（註一）羼到銅裏，則變爲黃銅；把砷羼到銅裏，能使銅變成和銀一樣的白銅。

古代史上所論到的金屬，不外七種，卽金、銀、銅、鐵、錫、鉛和汞。直至十六世紀纔有銻發現，這可算是第八種金屬。七種古代之金屬中，在自然界裏金、銀、銅、汞各爲單體存在，故採取至易。鉛和錫雖是化合體，可是牠們的礦石，能在普通的火裏鎔解。鐵須在高溫度之下方能鎔化，所以煉鐵時要用鼓風爐，故採取較難。人類文化的分期，若就所用金屬而言，是由易而難和由簡單而複雜的，在石器時

代之後，是銅器時代，再後為青銅器時代和鐵器時代。金、銀和銅是古代國家最初用來鑄幣的金屬，現在世界所存的最古金幣，如利比亞(Lybia)的金錢，(註二)其中含有金八成和銀二成。埃及人以製造金銀的裝飾和器具著名，他們用金抽成的絲和壓成葉來做鑲金和刺繡的材料。又金銀做成合金（齊），以其色澤淺淡如琥珀，特稱之曰琥珀金（electrum）。不過他們對於銅和青銅之間，並沒有顯明的區別。他們當初稱銅為 Aes Cyprium，意思是「塞浦路斯島(註三)的銅」，因為古代歐洲所用的銅皆由塞浦路斯島而來；以後叚假把地名變成物名，遂稱銅曰 cuprum，今日英、德、法諸國的 copper, das Kupfor 和 cuivre 等字皆源於此。銅裏加入微量的錫，可以增加硬度，製成家用器具，外表再鍍錫一層，極為合用。在亞述 (Assyria) 的尼尼微城 (Ninoveh) 所發現的一隻古代青銅飯碗，其中含錫約 $\frac{1}{2}$ %；又古針一根，含錫 2.2 %；又由尼尼微城所發現的一座銅鐘，其中含錫在14%以上。由銅鋅而合製的黃銅，在普林尼(Pliny, 23–79)氏的時代通稱 aurichalcum，是用銅、菱鋅礦和木炭共同熔化而得的。至於鋅的單體，在十八世紀纔發現，前邊已經說過。錫鉛的合金，當時的人已知用作銲藥，以接鉛管。汞之記載，最初見於西俄夫拉斯塔斯 （Theo-

phrastus)氏的著作，約當紀元前四世紀頃到紀元後第一世紀，代俄斯科利提斯氏（Dioscordes）纔有詳細的說明；他說用鐵屑和硃砂（cinnabar）混合一處，蒸餾之後，可以獲得汞之單體。在那時，汞的名稱有 hydrargyrum, argentum vivum 和 quicksilver 等等，大意都是「水銀」。化學上採用「蒸溜的方法」，也要算代俄斯科利提斯為最早。

鉛和錫的分別，在古代並不十分顯明，他們稱鉛叫「黑鉛」（plumbum nigrum），叫錫做「亮鉛」（plumbum candidum）。在荷馬（Homer）時代，Κασσίτερος 一字是指錫而言的；「錫石」的英名是 cassiterides，這個字與 Sicily Islands（西西里群島）有關，錫和鉛都是由英國西南海岸康瓦爾（Cronwall）地方得來的。並且在普林尼時代，大家稱鉛錫合金的白鑞（pewter）做 stannum，後來變為專名，直沿用到現在。埃及人在古代已知用鐵，並曾用鋼製刀錛，為切琢雕刻瑪瑙和寶石的工具。鍊鋼最古的民族，在歐洲大概要推小亞細亞的哈利比斯（Chalybes）人。在希臘的市場上，鋼要算最貴重的金屬。

當化學分析方法還未發明之前，要決定一種金屬是否純淨，只有採用比重的測定法。這個方

法，是亞奇默得（Archimedes）最初測量敍拉古（Syracuse）魔王海挨羅（Hiero）的金冠時所發明的。試金術（assaying）的運用，在科學史上以紀元前第二世紀代俄多拉斯・西克拉斯（Diodorus Siculus）的記載爲最早。至於用硝酸以分析金銀齊（註四）的方法（quartation），是在十六世紀由阿基柯拉（Georg Agricola, 1490–1555）氏所發明的。前面說過古代有七種金屬，但是否確是七種，抑或更多或較少，皆無詳實史料佐證，惟按柏拉圖和亞力士多德二氏的遺教，可認爲那時有一種金屬物質而表現各種不同的性質。

巴黎大學教授柏特羅（Marcellin Berthelot, 1827–1907）氏認爲物質改變的思想，起源巴比倫和迦勒底（Chaldea）兩民族，但他又說：

「物質改變的歷史十分含糊。這是一種沒有顯明根基的科學，牠在羅馬帝國滅亡時突然發生的。現代的批評家對於這種歷史會全盤推翻的。要想把這個問題整理出來，非用一生的精力不可。」

又有人認爲物質改變的科學起源於埃及，因爲chemistry（化學）和alchemy（鍊金術）兩個

字都是由 chemi 一字演變而來的，chemi 是古代埃及的名稱。但在歐洲，化學和鍊金術的名字，卻發生頗遲。最早的化學著作家首推希臘人，拜占庭人（Byzantinos）（註五）稱這種技術曰 ἁγία τέχνη，亞力山大城（Alexandria）的人稱牠做 Χρυσοποιία。此外還有「埃及技術」、「麥美士的技術」（Mermetic art）（註六）和「思巴基利克技術」（Spagiric art）（註七）等等。十一世紀百科全書派學者修伊達斯（Suidas）氏，他說羅馬皇帝戴克里先（Diocletian, 245-313）在紀元二百九十六年征服埃及的時候，把一切「黃金製造家」所藏的典籍，完全燒光了。

後來亞拉伯人在第七世紀征服埃及的時候，把埃及和希臘的學術著作都搬到巴格達（Bagdad）和西班牙的哥爾多華（Cordoba）、托利多（Toledo）及塞維爾（Seville）四處。更在這些地方，或創辦大學，或組織學會。他們又把亞拉伯的書籍譯成拉丁文字。從此英、法、德、意的學生都負笈來此研究，這可說是埃及和希臘的科學間接傳入西歐之始。羅得章爾（Rodwell）氏謂哥爾多華大學的圖書館庋藏圖書達二十萬卷之多；又埃斯科利河爾（Escorial）（註八）的原稿圖書館，（Manuscript-library），其中所藏關於鍊金術的著作之原稿，富冠全世。亞拉伯最著名的鍊金

學說家是亞貝・英・海鹽 (Jabir-ibn Haiyan) 氏，拉丁文名作 Geber（該柏）（註九），生於第八世紀。海鹽氏一生著作特富，十三世紀譯成拉丁文，於一五二九年刊行，英文譯本於一六七八年出版。其中最重要之著作，約有下列七種：

(1)宇宙完全原理總論 (*Summa Perfectionis Magisterii*)，

(2)完全之探求 (*De Investigatione Perfectionis*)，

(3)該柏氏鍊金術 (*Alchemia Geberi*)，

(4)眞實之發明 (*De Inventione Veritatis*)，

(5)性質全書 (*The Great Book of Properties*)，

(6)爐論 (*On Furnaces*)，

(7)一百二十卷 (*The Hundred and Twenty Books*)。

海鹽氏著作原用希臘文寫成，有阿拉伯文譯本；及阿拉伯勢力侵入歐洲後，纔譯成拉丁文，此後又譯成英文。近年法人治古代化學史甚勤，海鹽的著作，又有阿拉伯文與法文的對照本刊行。

海鹽學識淵博，見解過人，他的化學知識和十六世紀歐洲任何鍊金術士相當，他的威權幾乎統御了歐洲化學界達千餘年之久。英國十三世紀的羅哲爾・培根 (Roger Bacon) 曾稱他叫「靈悟哲人」(philosophus perspicacissimus)，又有人叫他做「大博士」(magister magistrorum)；其影響的偉大，由此可知。在實驗上，海鹽氏能製造硫酸、硝酸、苛性鉀、硝酸銀溶液（溶銀於硝酸而得）及王水等等。法國柏特羅 (Berthelot) 氏曾用海氏亞拉伯文原稿對證拉丁文譯本，發見二者並非一致，因而假定十三世紀之譯者，或曾加以補充與訂正。(註一〇) 但荷姆耶得氏在其所著的道爾頓氏以前之化學史(註一一)上則反對這種假說。倘使拉丁名的 Geber（該柏）和阿拉伯名的 Jabir（亞貝）是同一個人，那嗎十六世紀的化學比之第八世紀簡直沒有多大的進步。

美人約翰生博士和馬丁博士均認為物質改變的法術，起源於我國道教的煉丹，時當紀元前三世紀頃；其後在紀元第一世紀，中國人和羅馬人即交易於亞力山大城 (Alexandria)，至第三世紀亞力山大城纔開始有「鍊金術」的知識，約翰生氏以為是由中國商人帶來的。再後阿拉伯

入侵服埃及和西班牙，鍊金術始傳至西歐，這是第七第八世紀的事情，前已言之。由於這些史實，他斷定中國是物質改變法術的發祥地。(註一二)不過古代中國在科學上是個「有術無學」的國家，鍊丹術儘管起源很早，但終不能滋長而成有系統的化學，殊爲憾事。

十三世紀到十五世紀是歐洲鍊金術最昌盛的時期，其間最著名的鍊金術作家，如培根·羅哲爾 (Roger Bacon)，阿柏塔·馬格那 (Albertus Magnus)、累蒙德·律利 (Raymond Lully)(註一三)和維拉諾發的亞諾爾特 (Arnold of Villanova) 諸氏，皆有著作留諸後世。阿柏塔·馬格那的著作是鍊金術 (*de Alchymia*)，培根的是鍊金術原理 (*Speculum Alchemiae*)。維拉諾發是位醫生，著有關於毒物之研究。律利氏最負盛名，著述亦最富。(註一三)

瑞士學者巴拉塞爾士 (Paracelsus, 1493–1541) 氏是運用化學於醫學上的第一個人。他自幼廢除學究的生活，不肯盲從先賢的傳說，自製藥劑，治療疑難大症，遍遊歐洲大陸，蜚聲江湖。當時的醫生受了他的影響，都開始學習用化學方法製藥的技能，此外又研究用金屬原料的製藥法，以及人體中一切固體的化學性質。十七世紀對於酸、鹼和鹽三類物質間眞正關係之大發現，就是

這位醫學家而兼哲學家的巴拉塞爾士所立下的根基。

在巴拉塞爾士以前，藥物學（materia medica）的權威是該楞（Galen）。直到現在，凡浸劑、煎劑、酊劑（tincturæ）及浸膏劑（extracta）等藥，仍稱做「該楞氏的藥品」(galenicals)（註一四）其勢力之大，由此可見。巴拉塞爾士所教的化學，是專在製藥方面的。那時候又適在文藝復興（Renaissance）和宗教革命之後，所有中古的傳說都被新的思想所推翻；在化學上，巴氏便攻擊該楞和亞惠森那（Avicenna）（註一五）二人的傳統的舊學說，一面公然焚燒他們的書，一方面輸入自然的自由觀察和化學的方法，以謀醫藥學的改革。同時，豐·海蟒(Van Helmont, 1577–1644)氏更反對亞力士多德的「四元素說」，而以他不是個基督徒爲理由。巴氏之後，有一位名叫發楞恩(Basil Valentine)的學者，他聲言化學的最大功用，不在鍊金而在製藥；大約在一六〇〇年他著了一本銻的勝車(*Currus Triomphalis Antimonii*)大書，詳述製取金屬銻的方法，因此我們知道銻是由他發現的。發楞恩之後，有李伯外斯（Libavious, 1540–1616）氏、豐·海蟒、塞拉（Sala）、西爾維阿斯（Sylvius, 1614–1672）、格勞勃(Glauber, 1603–1668)、孔柯爾(Johann Kunckel)、

達賀尼亞斯(Otto Tachonius)及格魯(Nehemiah Grew, 1645–1712)諸氏，皆對醫藥化學各有貢獻。其中，西爾維阿斯曾闡發呼吸和燃燒有相同作用的眞詮；格勞勃曾製出硫酸鈉，爲有名之「格勞勃鹽」；格魯氏乃瀉鹽(Epsom salt)之最初發現者，——至於其他各氏的功業，容於下章論之。

培根·法蘭西斯(Francis Bacon, 1561–1628)是十七世紀初葉一位大思想家，曾著新阿特蘭替(*New Atlantis*)一書，根據他的深邃淵博的科學素養，敍述他對於人類利益的願望；他又認爲科學的目的，是在謀學術本身的進步，故又著學術的進步(*Advancement of Learning*)一書，發揮他的見解。柏策(Becher, 1635–1682)對於當時盛行的鍊金術和藥物化學(iatrochemistry)大不滿意，曾著書立說，來揭發他們的狂妄和淺薄。他在一六六九年出版的地下物質，(*Physica Subterranea*)一本書裏，批評當時的化學家是一羣俗不可堪的庸人，好像受了狂妄的衝動，而在火焰、煙霧、毒物和貧乏(poverty)之中尋找快樂。——『但我們人在這般罪惡氛氣裏邊，卻獨自逍遙，不染塵埃，老實說能，我的地位，即波斯王不易也。』他又說『我自信我得到了(化

學的）真義。一般假化學家（Pseudo-Chymists）忙着發現萬金，真的哲學家卻去尋求知識；要知道知識比萬金更貴重的多呢！」

歐洲初期的化學家幾乎完全是宗教階級的人物。十六、十七兩世紀，當巴拉塞爾士的時代，化學可祇作醫生的副業。但在十五世紀，鍊金術是名噪一時的時髦學說，所以各界的人都爭着討論牠。各國的王侯都委任「宮庭鍊金術師」(court alchemy)，以謀充裕國庫的方法；惟此種職位過於危險，因爲失敗的術師，每每會被統治的魔王送上絞頭臺的。這時曾組織好幾處「鍊金術學會」，有的維持很多年。其中有一所學會，德國的大數學家來布尼茲（Von Leibnitz, 1646–1716）曾做過祕書長。

鍊金術始於古代埃及，爲什麼能在十五世紀成爲時髦的學說，自有其時代上的需要。因爲中世歐洲各國商業逐漸發達，要想擴張營業的範圍，非得有大量金銀不可。這時只有意大利和日耳曼可以得到這種珍貴的金屬——意大利城市國家擔任了亞歐貿易的經紀人，獨佔亞洲商業，贏得大利；日耳曼人有礦，又操賺錢的交易，致富者亦多。別的國家，如西歐的農業國，這時不得不一面

僱用鍊金術士,求變鐵爲黃金的方法,更鑄造贋幣,行使國外,以裕國庫了。(註一六)

贋幣的製造一天多似一天,鍊金術的狂潮也一天大似一天,不曾製造贋幣的國家,認爲假金的混亂是由這般鍊金術士翻弄出來的;於是在一四〇四年,當英王亨利第四在位的時候,曾通過一件法令,不許採用人工方法以製造金銀,違者科以重罪。這件法令後來在一六八九年又頒布一次。

當亨利第六世的朝代,即自一四二二年至一四六一年,又自一四七〇至翌年,其間曾頒發四次獎勵「改變物質的技藝」的上諭。第一次委命特拉福德 (Edmund de Trafford) 和亞拾堂 (Thomas Asheton) 兩個軍人負責變金。十年之後,即一四五五年,英王又任命綢緞商人二、雜貨商人二、金器匠二、布商一、和補藥祕方保管官 (custos cambii nostri) 等合組一個委員會,擔任督察造金事宜,這是第二次。這羣委員大概都是不通化學的。同年他又頒布一個上諭,內容與前相反,茲譯其文如下:

一千四百五十六年五月三十一日

英國亨利第六上諭第三號，

令諭各屬官員，軍民人等，爾等極應明曉，古來名士哲人，其於典籍與草稿中，嘗以符號與隱喻教人各種奇特與靈驗藥品之製法，謂凡此種種均可於酒、寶石、油、植物、動物、金屬及礦物中取得之。某數種珍貴之藥品，有被哲人稱曰「藥料皇后」者，有名曰「無上光榮」者，更有認爲眞正之哲人石或哲人丹或酒精(quintessence)者。此種藥物之效力均極靈驗，一切病症，均易用之治愈——於是世人得享其天年，體格健強，心靈舒暢，四肢活潑，記憶清晰，智慧亦隨之而增。此外對一切傷患，亦易治療復元。又可用作解毒劑，凡世間一切毒物，皆可借以解除。就以上諸節而論，其功已屬甚大；再若變普通金屬爲純粹之金銀，其造福於我人民與我邦家者，更不可以數計也。

「吾國內精通博物之人，如福士筆(John Fauceby)刻爾克筆(John Kirkeby)與朗尼(John Rany)諸士，其爲人忠誠謹愼，好學仁愛，應爲舉國上下所信託者。朕特授以特權，予以自由，令其改變普通金屬爲金銀，而其行動全不受刑法及其他各有關法律之限制。其本人與

所僱用之僕役，並得受國家之特別保護，凡一切高等法官，執行吏與法警，均不得加以滋擾，否則罪在不赦。

「以上各節，爾等官民應一體明曉，凡上開特命專家及其僕從，不問單獨之行動或團體之行動，均不受一切前開禁止人工製造金銀各法令之限制。切切此諭。

英國議院副署。」

這是第三次關於改變金屬的上諭。

就這宗上諭看來，英國的國王和議院各要人對於當時化學家的重視和希望，可說無以復加了；但這般玄虛的化學家是否能名副其實，這是我們治化學史的人要首先明白的。

一四五六年又頒布組織第四次督察改變金屬委員會的上諭。計任命市參議員一、魚商一、雜貨商人二、牧師二、皇后御醫阿特克利佛（Thomas Atclyffe）氏和聖勞楞斯學院校長沙普（Henry Sharp）氏等八人爲委員，以監視前次委員會的活動。

據說這時歐洲大陸的市場上，充滿了假的「玫瑰金幣」(Rose-noble)(註一七)，蘇格蘭的議院爲欲防止膺幣入境，曾嚴令各港口及英國邊境負責官吏，切實查禁。

「點成金」和「點成銀」(註一八)也曾用作製造寶章和貨幣的材料，如一七一七年德國所鑄的赫斯銀幣(Hossian thaler)便是個例子。在這種錢幣的表面，載了這幾個字"Sic Deo placuit in tribulationibus"，意思是『在困難中有此喜悅的上帝』

斯密特爾氏在他所著的鍊金術史上(註一九)敘述有一個叫利希好生(Richthausen)的，曾在普剌哈(Prague)地方，獻給斐迪南王三世(Ferdinand III)以「哲人石」一塊。及利希好生去後，斐迪南王便命人在他的面前從事實驗，結果把三磅的水銀化爲二磅十一兩的黃金。這塊黃金，後來曾製成一顆寶章，章的正面，鐫了一位日神，頭戴光圈，手執神斧，足生翼，作飛舞狀。寶章的背面雕有下邊幾個字"Divina Metamorphosis exhibita Pragae XV Jan A° MDCXLVIII in praesentia Sacr. Caes. Majest. Ferdinandi tertii"，意思是『一六四八年元月十五日在普剌哈城於威嚴的斐迪南王第三陛下面前所製成之神聖的變形物』。變形物卽指點成金而言。

斐迪南王的這種意外收獲，竟使他封利希好生爲男爵，稱 Freiherr von Chaos，眞可謂滑稽了。

有些鍊金術士曾借自己的法術發了大財，稱名當世。其中如英國韋斯敏斯德大寺 (Westminster Abbey) 住持克拉麥 (John Cramer) 氏，據說在一三三〇年爲英皇愛德華三世曾變成六百萬金；佛來美 (Nicholas Flamell) 氏曾獲得一部寫在柳樹皮上的草稿，其中有製造這種「點成金」的技術，和配製「哲人石」的成分。他用這種方法所得來的大宗財寶，曾用來建築許多醫院和教堂。佛來美氏又證明哲人石除了原有的效用之外，又能改變淫邪小人的秉性。關於哲人石能使人延長壽命一點，十四世紀的荷蘭都斯 (Hollandus) 氏曾說過下面一段話：

『將哲人石少許放入酒中，令病人服下。此酒的力量便立時增大，能透入心臟，分佈到全身的汁液之內。待病人出汗以後，即覺力氣倍增，心胸泰然，不復有怠倦之感。倘病家每隔九日服此藥一劑，將有意想不到之效力，能使病人神氣奮發，恍若走進仙境似的。』

特利斯蒙生 (Solomon Trismosin) 氏說過，若是一個老年人吃下一粒哲人石，便可立奏「返老還童」的功效。他那老皺的顏面，能變得光潔白嫩；斑白的頭髮，變作黑色；已彎的背骨，也直立起來。

他又說一位九十歲的老太婆吃了牠，也能變作破瓜的美女一般。巴拉塞爾士(Paracelsus)曾在君士坦丁堡從特利斯蒙生學過化學，據說他在那裏還受過一般理髮匠、(註二〇)老年婦人、呪法家和鍊金術士們的教導。

十五世紀布列得林敦(Bridlington)地方有一位名叫利普利(George Ripley)的牧師，據說為了英國對土耳其的戰爭，他曾給摩爾太的侍衛(Knight of Malta)以黃金十萬鎊。這位利普利又用韻文做了一部關於鍊金術的巨著，致獻與英王愛德華四世。向來鍊金術士用韻文所寫的作品很多，阿什摩爾(Elias Ashmole)氏曾廣為搜集，編輯成册，定名曰英國化學講座(*Theatrum Chemicum Britannicum*)，在一六五二年出版。利普利氏又著了一本鍊金術園地(*Compound of Alchymie*)，分十二章，詳舉化學上主要製作法，稱做化學「門徑」。這在本門徑中，他所舉的有十二種：

(1)自然煅燒法(Natural calcination)，

(2)祕密的和哲學的溶解法(Dissolution secreat and philosophicall)，

（3）元素分離法（Elementall separation），

（4）異性的結合法（Conjunction matrimoniall），

（5）腐敗法（Putrifaction），

（6）提淨結晶法（Congelation albificative），

（7）營養（Cibation），

（8）昇華，

（9）發酵，

（10）精鍊法（Exaltation），

（11）奇異的增加法（Marveilous multiplication），

（12）設計法（Projection）。

在這本書的末尾，利普利氏寫着下邊一什韻語：

— 這本鍊金術論文集現在完了

牠是利普利・喬治牧師的手稿。
他自己運思、編製、和簽名
在一千四百七十一年刊行。
讀者們，請你幫助他求得你的需要，
在身後他能會有溫柔的光耀。
亞門。

英國化學大家大衞（Davy）氏認為利普利的著作，既不能使聰明的讀者發生興趣，也不能供給他們以知識。他不過是借着化學的名字，玩弄自己的文墨而已。

在鍊金術盛行的期間，雖是一般術士多隸屬宗教階級，但教會卻不同情於鍊金的方法。一七三二年，教皇約翰第二十二曾頒布反對運用改變金屬方法的訓諭。又當教皇利奧第一（Leo I）在任的時候，有一位鍊金術士送給他一本造金書（*Chrysopoeia*）的著作；他接到以後，便在一隻空皮錢夾上，寫了「多造黃金，裝滿錢袋」一類的詞句，請他自造，並作為回敬的禮物。

在法庭上也常有關於鍊金的案子發現。一五八〇年薩克森選舉官（Elector）的侍醫霸特

爾(Beuttler)氏，偶然覺得配製哲人石的祕方，便被來比錫(Leipzig)的刑庭拘捕，以不忠於選舉官的罪名，判決用皮鞭痛打；又以不願供出配製的方法，更判決截去手指兩個；又怕這種祕方傳出國外，所以最後又把他囚在監獄裏。(註二二)

一七二五年厄爾巴赫(Erbach)的伯爵夫人，曾設法維護一個私自打鑾的嫌疑犯。這個犯人逃出法網以後，便把伯爵夫人所有銀器都變成了金塊，以報她的恩義。金器匠見了這些金塊，也證明並無雜質在內。隨後伯爵聽見了，便向法庭上要求平分她妻子的財寶，結果被來比錫的法庭駁回了。法官聲言這些金塊在未變前，既是屬於夫人的，那麼變過以後當然還是她的財產。

這次為伯爵夫人變金的人，有人以為是拉思開利斯(Laskaris)，一位鍊金的老手。據斯密特爾氏鍊金術史上的記載，這時有老手五人，即賽頓(Seton)氏、費拉來薩(Philaletha)氏、外格爾沙克(Wagnersack)氏、拉思開利斯氏和賽西發爾特(Sehfelt)氏，皆能祕密製造哲人石。不過在化學史上絕沒有人提起過這五個人的姓名。有人又證明費拉來薩就是波義耳(Robert Boyle)。查波義耳雖曾說過由金變鉛的故事，但他本人並不是一位鍊金術士。豐·海蒙(Van Helmont)氏

雖是一位鍊金學說家，卻不能自造哲人石；他所需用的這種材料，完全仰賴別人的供給。所以，又有人推測這些老手是布朗特(Brand)、孔柯爾(Kunckel)和柏策(Becher)三氏；因爲布氏是硫黃的發現者，而孔柏二人是當時宮庭所僱用的鍊金術士。

*　*　*　*　*

【神水】(*Alkahest*)——鍊金術士不僅想找得變鐵石爲黃金的「哲人石」，和使人延年益壽的「長生不老丹」(elixir vitæ)，他們更想求得一種神水，無論世間什麼東西，一經投入其中，便能立刻化而成水。鍊金術士的這種工作，惹起波義耳氏激烈地批評。他在所著的懷疑的化學家第七十六頁曾說過：

『豐·海蟒氏一再告訴他的讀者們，說他自己和巴拉塞爾士(Paraselsus)有一種著名的液體，名叫神水(Alkahest)；凡世上用普通之火(vulgar fire)所不能鎔化的物體，一經接觸神水，便立刻分解……海蟒又在好幾處地方，述說他的這種強烈的溶劑，能夠溶解金剛、結晶黃鐵鑛(marcllasites)、石塊、植物體、動物體以及玻璃等物……。』



巴 拉 塞 爾 士

Philippus Aureolus Paracelsus

真 姓 名: Theophrastus Bombastus von Hohenheim

1493-1541.

能溶化世間萬物的神水，直到今天還沒發明，當時鍊金術士的這種妄想，自然沒能如願以償。孔柯爾(Kunckel)氏雖是一個鍊金術士，但他盡力攻擊神水，他曾這樣反問他們說：假使鍊金術士能發現一種可以溶化萬物的神水，那麼要用什麼東西來盛牠呢？

巴拉塞爾士嘗宣傳自己已經求得了「長生不老丹」，但他本人僅活到四十八歲就一病而死了。試問四十八歲的人算得高壽嗎？

• • • • •

【哲人石的成分】——鍊金術士旣用哲人石和長生不老丹等藥品，欺騙歐洲的王侯庶民，達數百年之久；那嗎我們自然會聯想到『究竟哲人石是怎樣配成的』和『現在世上有沒有哲人石留下』一類的問題。

古代希臘韻文的著作裏，有人找出可以解決哲人石成分的材料，但不可據爲定論，這幾行韻語的英文翻譯如下：

"Nine letters have I and four syllables,

the first three syllables have two letters each,

and the last syllable three letters,

and five are consonants. If you——

understand this, you will have wisdom".

若用中文翻譯，大意如下：

「我有一個用九個字母四個音節拼成的字，

前三個音節各有字母兩個，

最末的音節有三個字母，

其中共有五個子音。若是你——

能瞭解這字，你就有智慧了。」

一般人猜想這字是 ar-so-ni-con，牠是一種砷化物，能把銅變成白色的金屬。現在世上雖沒有人發現牠，可是將來或者會有人發掘出牠的。

據說一五五廿年有一位名叫道爾苦特(Talbot)的，做烏司特(Worcester)的錄事，因與當權者發生意見，逃避於威爾斯(Wales)。當他客居在一間小旅館的時候，無意間見着一本大家都看不懂的草稿。這草稿本是從一座教皇的墳墓裏掘得的。挖墓的人初以爲教皇墳裏，必有寶物埋着。結果除掘出一本草稿外，還有象牙球兩枚，別無他物。剖開象牙球，僅見一隻藏着赤色粉末，一個盛着白色粉末，都不是值錢的財寶。道爾苦特花了很少的幾個錢，就把這三件古董買下了。以後他邀約他的朋友笛博士(Dr. Dee)，又化名叫開利(Kelley)，一同跑到德國。

在普剌哈(Prague)城裏道爾苦特成爲名噪一時的鍊金術士，羅馬皇路德福(Rudolf)也很重視他。後來因爲在皇帝面前失寵，囚在監獄而死。

總之，鍊金術士的思想是妄謬玄虛的，他們的工作是不切實際的，只因爲他們不斷把各種鑛物，單獨的或混合的，拿來加熱或蒸溜，無意中發現了硝酸、硫酸和鹽酸的製法。此外他們又發現了苛性鉀、氨、礬、硫酸鹽、氯化銨(salammoniac)和其他鹽類多種。

現在最大的化學工業製造廠，其每日製出數千數萬噸的藥品中，有的就是中古鍊金術士所

發明的東西。再者，你若走進最新式的化學實驗室裏，你便會看見那般化學家所採用的製造手續，如蒸溜、溶解、結晶以及架上所放的各種重要試劑(reagents)的大半，還是鍊金術盛行時的發現和發明。培根•法蘭西斯氏在他於一六二三年所著的科學增廣論(*De Augmentis Scientiarum*)一書裏，對於鍊金術的功用有一段很聰明的批評，茲譯錄如次，以作本章結論。他說：

「鍊金術可比於一位老人，當他快要死去的時候，他告訴他的兒子們，說他在葡萄園裏已埋下許多黃金留給他們。兒子們把葡萄樹四周的泥土都抓鬆了，並沒發現金子。但是樹根四傍的靑苔和亂草被他們這樣除去了，結果長了滿園的好葡萄。所以鍊金術士尋求黃金的苦心毅力，竟使得他們獲得許多有用的發明和有益的實驗，並且間接促使化學走上光明的大路。」

（註一）異極鑛(calamine)是一種鋅鑛，成分爲 $H_2Zn_2SiO_5$；金屬鋅是在一七三五年製成的，以前在配合黃銅(brass)時完全是採用牠的生鑛。

（註二）英名 stater，爲古希臘及波斯的金幣。波斯的名 daric，値一鎊一先令三辨士；雅典的叫 cyzicene stater

（註三）塞浦路斯島原名 Cyprus Island，在地中海的東部。

（註四）「齊」即合金（alloy），見周禮的考工記。

（註五）拜占庭（Byzantium）即君士坦丁堡（Constantinople）的古名。

（註六）埃及人傳說煉金術的鼻祖是赫美士（Mermes），有「三倍大」（Trismagistus）的綽號，氏有許多古籍託他的名字流傳後世，他對煉金術有偉大的影響，一般煉金術士都極崇拜他，但他的生平卻莫由而知。

（註七）Spagyric 一字或由巴拉塞爾士（Paracelsus）氏所創用，意即「煉金術」和「煉金術士」。

（註八）埃斯科利阿爾為西班牙馬得里城（Madrid）西北二十七哩之大建築物，建於一五六三——八四年之間，包括王宮、貞女院、禮拜堂、大學校、圖書館和藝術館等等。

（註九）完全姓名作 Abu Abdallah Jaber ben Hayyam (Haiyān) ben Abdallah al-Kufi.

（註一〇）見 *M.P.E.Berthelot: Chimie du Moyen âge*, 3 vols. Paris, 1893.

（註一一）Holmyard: *Chemistry to the Time of Dalton*, 1925.

（註一二）（a）見 Dr. Johnson: *A Study of Chinese Alchemy*，此書1928年出版，有黃素封譯本名中國煉丹術史。

（b）Dr. W.A.P. Martin: *The Lore of Cathy*（其中 pp.44–71 為 alchemy in China–the Source of Chemistry）.

（註一三）他的名字亦作 Lull Raimon，關於煉金術的著作，他有 *Testamentum*, *Codicillus seu Testamentum* 和 *Experimenta* 三種。

(註一四)Glenical 指一般藥草而言;其意即謂由該楞(Galen)氏所開的藥單而配成的藥料。

(註一五)該楞的名字又作 Claudius Galenus,生於一三〇年,歿於二〇一,羅馬名醫。他沿用亞力士多德的四元素說來解釋藥性,而不知注意牠們的化性。亞騷森那生於九八〇年,歿於一〇三六年,阿拉伯的名醫;他所著的醫書,是十五世紀以前歐洲各醫科大學的教本。

(註一六)見 Parker Thomas Moon: *Imperialism and World politics*, chap. II, sec. 1.

(註一七)十五十六世紀歐洲通用的金幣,上有玫瑰花的花紋,流通於一般貴族,故有 Rose-noble 的名稱;其大小和價值,隨時代與地域而彼此互異。

(註一八)此處指經鍊金術士的法術,用賤價金屬所製出的貴重金屬,英文作 transmuted gold 或 transmuted silver;查鍊金術亦有人譯作點金術,我國列仙傳有「點石成金」的故事,宋聞見錄又有「點鐵成金」的記載,故今姑譯成此名。

(註一九)Schmieder: *Geschite der Alchemie*, p. 339.

(註二〇)歐洲十五世紀至十八世紀間,一般理髮匠多兼做外科醫師,其中有得政府特允的。

(註二一)見 Schmieder: *Geschite der alchemie*, p. 312.

第三章 成鹽學說史

英國科學史大家休厄爾(William Whewell)氏在一八三七年著了歸納科學史(*History of Inductive Science*)一書，其中有云：

「酸類和鹼類的關係乃是化合（即化學吸引力）之第一個顯明的符號。」

他又說：

「直到現在，在鹽中的酸和鹼乃是一切理論上重要根據之一。」

本章所要述說的「成鹽學說」(salt-formation theory)，即指酸鹼相遇而成爲鹽之史的探討。

成鹽學說是在第十七世紀所產生的。最初牠和燃燒素學說各自發展，共同存在了一百年之久。燃燒素學說注意火之研究，而成鹽學說則專論溶液。可知成鹽學說起初並未反對燃燒素，燃燒

素學說的崩潰是由牠自身基礎不穩所惹起的慘禍。不過成鹽學說得到定量分析和捫定氣體兩種知識的助力很大;若沒有牠們的幫助,火的學說絕不會崩潰如此之速。化學中有了成鹽學說,纔第一步踏進眞正科學的隊伍裏。

由巴拉塞爾士氏(Paracelsus)所創立的藥物化學派,自然十分重視鹽類,因爲他們都信服「汞、硫、鹽」的三元素說。他們又以爲人之所以有病,乃是由於這三種元素在人體中分配不勻的原故,欲補救之,非從化學上製造合適藥品不可。豐·海蠎(Van Helmont)氏發現人之胃液爲酸性,博得當時藥物學家之熱烈注意。此外,他又將前人所作酸鹼的實驗,重行提出;而謂鹼類可用酸類使之飽和。

【鹽】(salt)——鹽之原意,本指海鹽或氯化鈉而言;以後遂泛指能溶於水,有滋味,且不受火力作用一類之物體。即酸類與鹼類亦統稱鹽類。其他,無滋味且不能溶解之物質,如白堊和石膏等等,則稱做土質(earths)。由金屬製成的物質,或可用以取得金屬的物質,凡可溶解者則名爲礬(vitriols),不能溶解的則名爲煅渣(calxes)——如硝酸銀爲礬,而氯化銀爲煅渣。自巴拉塞爾

士以後，「鹽」字的範圍更廣。不過除酸類、鹼類和礬類之外，在十七世紀以前所知的鹽類，數目很少；大概說來僅食鹽、氯化銨(sal ammoniac)、硝石、硼砂和白礬等等。

十七世紀化學上主要特色，爲鹽之研究，及酸類對鹼類和其他鹽基類的作用。結果製出多數之鹽類，如硫酸鉀、氯化鉀、硫酸鈉、硫酸銨、硝酸銨、醋酸銨、硝酸鈣、氯化鈣等等。凡此種種，皆不是前人從自然界中取得的，全是新的鹽類。其中之氯化銨是塞拉 (Angelus Sala) 氏在一六二〇年所製成的，著名當代。此物原名 sal armoniac，故有人推測或最初由亞細亞西方古國阿米尼亞(Armenia)而來。sal armoniac 的名字是後起的。塞拉製取此物的方法，是將揮發性之鹼（即今日之碳酸銨）與鹽精（即今日之鹽酸）混合而得；並斷定所成之鹽，含有食鹽及揮發鹽(sal volatile)二部。塞拉氏的原句如下：

"Synopsis aphorismorum chymiatricorum, sectio prema, aphorismus 38. Sal armoniacum, quo uti chymia consuevit, duabus partibus est compactum, salo videlicet, quod in fuligine lignorum, sanguine item, atque urinis animalium

reperitur, et sale communi. Id quod evidenter apparebit, si partem salis volatilis cum debita spiritus salis communis quantitate ad artis praescriptum misceas."

大概同時，威尼斯地方還有人用尿、鹽和煤炱(soot)三物混置一處，加熱而製取氯化銨。

塞拉氏這種顯著的發現，卻對當時化學界沒有若何大影響。推其原因，大概由於那時的藥物化學家，只注意酸鹼二物作用時所生之現象，而不甚注意其作用後的生成物。

波義耳(Boyle)氏對化學的問題特別留神，他可說是建設「酸鹼作用後而生鹽」的學說之第一人，他又以為這種鹽裏包含着酸和鹼。不過那時尚未發明物質的測定法，故一種物質的製取和命名都無一定的準繩。例如碳酸鉀一物，可由燃燒植物質而得，亦可由煅燒酒石而成，即用硝石和木炭共同暴燃，亦可得之；因此便根據製取時所用的原料，而稱做木灰(potash)、酒石鹽或固定硝(fixed nitre)等名，毫無準則。並且這時的學者對於和性鹼和苛性鹼也沒有明晰的區別。不問是由石灰或碳酸鉀作用於氯化銨(sal ammoniac)而得的，還是用蛇、鹿角、毛髮、血或尿經蒸餾手續而製成的，統名揮發鹽(sal volatile)，即今日所稱之碳酸銨。波義耳氏首先指出和性

和苛性的鹼類的分別；又經過一百餘年，纔由卜拉克（Black）氏加以說明。

在波義耳時代試驗酸鹼的方法，是拿牠們混合時所生之「沸騰狀的起泡」現象作準則的。若將二者中之任一種加入另一種之內，及達飽和狀況，則不能起泡。如用苛性鹼作試驗，亦不起泡，這是波氏所見過的。波氏又發現酸類和鹼類對於植物顏色所起之作用，他曾用這種色素製酊和試紙，以備試驗。例如，他加酸於堇菜（violet）汁液中，發現汁液由藍變紅；加入鹼液，則變藍為綠，——這種發現可算是分析化學的起首。（註一）波氏反對當時一般人認為酸鹼混合時，常常起泡和生熱的意見，因而舉出起泡而不生熱和生熱而不起泡的例子來駁正他們。（註二）波氏詳究酸和鹼的各種學說之後，對於「成鹽」（salt formation）的因果，予以可靠之解釋，至今不變。他說：「一般人假設酸類和鹼類物質，處於敵對的位置，此種論調，我深不以為然……他們根據酸為鹼的對敵，而解釋酸的性質為如何如何，這真是一點哲學的基礎都沒有。同例，我們因為恨惡一個兇漢，就斷論人都是畜生，試問可以嗎？……我認為親善和敵對，乃是人類的感情；至於說這些物體中間的同感和反感，全是根據我們自己的理解作用；那般不明真像的人，遂以為

牠們在混合後而有一種消失的，是由敵對作用而起的了。要知，牠們中間若經過些微機械的改變，或者能使極端敵對的物體，變而爲很親善的。例如，將鹽精(卽鹽酸)和揮發鹼（卽氨）混置一處，遂起強烈暴動而化合爲鹽，這鹽很像硇鹽(sal ammoniac)。又將上等硝精（卽硝酸）滴入木灰的濃厚溶液裏，及達適當比例，卽發熱而沸騰，然後則凝集而成如硝石彷彿之物質。」(註三)

波義耳氏不僅建立了成鹽學說的大理論，同時更發現選擇親和力(elective affinity)的事實，使十八世紀的化學放一異彩；下邊是他自己實驗的報告：

「溶解過銀的硝酸(aqua fortis)，如將足量的銅投入其中，及溶解而液體變爲青綠色之後，便有銀從溶液中脫離而出。若再加鐵進去，那些已溶解的銅，仍會容易地再沈澱出來的。這種鐵又能被另一種無味的鑛物粉末所沈澱而出。」(註四)

波義耳氏將硝石和木炭共燒，製成木灰(potash)，一種含碳酸鉀的物質；又注硝酸於木灰，發現復變爲硝石相似之物質——故知波氏在證明酸鹼化合成鹽之後，又求得此鹽還原的方法。

（註五）

和波氏同時代的化學家，有三位對於成鹽學說有關係的，即格勞勃氏、達賢尼亞斯氏和藍木瑞氏，現在分別介紹於下。

格勞勃(Johann Rudolph Glauber, 1604–1668)氏長波義耳氏二三歲，德國早期的工業家。他的著作由巴克(Christopher Packe)氏譯成英文，一六八九年刊行。其學說主巴拉塞爾士，帶煉金術之氣味頗重。他嘗用礬和食鹽蒸溜得海水酸（即鹽酸）；又用硝和食鹽蒸溜得硝酸。又利用所得鹽酸溶解金屬，而製出氯化鐵、氯化汞、氯化金和氯化銻等鹽類。他用尿精和純硫酸 (oil of vitriol) 作用而製成之硇砂 (sal ammoniacum secretum)，在他的著作中，曾把各步製造方法，敍述特詳。格勞勃製成之含水硫酸鈉 $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$，以「格勞勃鹽」(glauber's salt) 著聞於世，前已言之。

達賢尼亞斯 (Otto Tachenius) 氏與波氏同時，惟生卒年月及國籍不明，著希波革拉第派的化學 (*Hippocrates Chymicus*) 及化學語錄 (*Clavis*) 二書，一六六六年刊行於威尼思，後十

一年始有英文譯本。希氏為古希臘時代之醫學家，曾創有「四元素之生理學說」，認為此等元素各有特性，如「地乾、水溼、火（即以太）暖、風（即空氣）寒」等等（見湯譯永井潛著醫學與哲學頁三九）。達氏把他的火水兩種要素，解釋為酸和鹼。達氏又說：『由酸可生兩種陽性的特質，即熱和燥；由鹼則生多種陰性現象，如冷和溼等等，一切匯流合一，則能發生混合體。』他又說：『宇宙間的森羅萬象，究其極完全是由這兩種普遍的要素而構成的。』達賢尼亞斯這樣認為宇宙間一切物類均含鹽在內，而鹽中又含有酸和鹼，——因此有人以為他是「成鹽學說」的創始人，不過他的概念太廣泛了。

藍木瑞（Nicolas Lemery, 1645–1715）氏比波氏輕十八歲，著有化學教本（*Cours de Chymie*）一書，一六七五年初版，當其在世時曾重版十三次，風行歐土幾達一百年之久。英文本由哈利（Walter Harris）氏迻譯，刊於一六七七年。藍氏這本書，是當時最成功的近代化學教本，自不待言；又其中所介紹的鹽類，其詳實豐富，亦高人頭地。

在波義耳氏實驗室中，有一位和他共同從事實驗工作的荷木柏格（Homberg）氏，曾於一

六九九年在「成鹽」研究上開拓一個極重要的局面。這就是他測定鹽中所含之酸量和鹼量。他當時所用的酸是醋酸、硝酸、硫酸和海水酸（鹽酸）；所用的鹽基是碳酸鉀。他對於中和作用時所放出的二氧化碳未曾顧及，因為這種氣體的固定法，發現於一七五六年；荷氏生時尚未之聞。但荷木柏格氏測量鹽類成分的方法，卻從此為人所採用。他先用定量的鹼，加酸飽和，然後蒸去水分，再秤所得之鹽。其所得結果，開列於次，惟失去之 CO_2 未曾計入。在荷氏結果之下，更附現在公認之數值，以便比較。

類別	醋酸鉀		硝酸鉀		硫酸鉀	
	鹽基	酸	鹽基	酸	鹽基	酸
荷木柏格氏一六九九年的結果……	四七	五三	四七	五三	四九	五一
目下所公認的數值	四八	五二	四六·五	五三·五	五四·一	四五·九

荷木柏格氏由其實驗，斷定一切酸類皆含有相等的化合值，此實大謬。這種錯誤，直至卜拉克氏發現石灰石、碳酸鎂（magnesia）、碳酸鉀（potash）及碳酸鈉（soda）等物，皆為苛性鹽基和氣體

酸(gaseous acid＝CO_2)所合成的鹽時，方纔大白於世；這時是一七五四年，距荷氏的發現已隔五十五年之久了。

十八世紀的前半，化學並沒有大進展，這時呼聲最高的學說是赭弗理（Etienne François Geoffroy, 1672-1731）氏「選擇親和力」，前已言及。赭弗理就波義耳和牛頓二氏所提出物體間吸力之假定（註六），曾於一七一八年和一七二〇年在巴黎學院報告（*Memoires Paris Académie*）上，發表他研究親和力（亦稱愛力）的結果。其中共列愛力表（*Tables des Rapports*）十六種。這種表的編製法，我們在此可略加說明。例如酸類在表中的次序，是按牠們對於鹼類和鹽基的愛力強弱作標準的；金屬的次序，是依牠們對硫的愛力做準則的。後來在一七五六年，卜拉克氏更製出各種物質對固定空氣（二氧化碳）的愛力表；拉瓦錫氏製出氧的愛力表。再後柏格門(Bergman)氏曾據各物質的化合量，而用數字來表示。及一八〇二年法國化學家貝叟來（Bertholet)氏發表「揮發、不溶解和質量對於化學反應之影響」等學說（註七），極力反對柏格門的主張，於是以前的愛力表遂不復為世人所重視。

法國儒耳（Gurlaume Ronelle, 1703–1770）氏爲拉瓦錫氏的教師，馬柯魁爾（Macquer）的門人，以教授化學著名當時。在一七五四年，他對於鹽的定義，立下一個空前明顯範圍，使得成鹽學說擴張了向來的領域。他把一切植物酸或鑛物酸和任何鹼類作用而成之化合物，統稱爲鹽。（註八）此外，又把鹽類分爲中和鹽、酸性鹽和鹼基性鹽三種。

英國化學家卜拉克（Joseph Black, 1728–1799）氏曾在一七五四年發表一篇重要的論文，題爲鹼基性碳酸鎂・石灰和其他鹼質的實驗（註九）。這篇論文的要點本爲「苛性」的解釋，但由他實驗的結果，證明空氣以外有另一種新氣體之存在，更由他所採用的方法，又爲化學開一個定量試驗的新紀元。拉姆塞（Ramsay）說過『在卜拉克以前，gas 這個字沒有多數（即無 gases）』，這是實情。卜拉克氏用鹼液（如石灰水）以吸取二氧化碳氣，使之成爲不溶解的白色沈澱，故卜氏稱二氧化碳爲「固定空氣」（fixed air），這是最初發現的一種新氣體。

卜拉克用白堊（碳酸鈣）一二〇喱（grain），加火燒燼，剩下石灰六八喱；所失去的五二喱，卜氏發明爲放出的固定空氣。這個實驗是荷木柏格（Homberg）氏以後第一次真實的定量分析，

請見下表：

類別	卜拉克的實驗	現在公認值
石灰	五六・六%	五六%
固定空氣	四三・三%	四四%

卜氏的結論，起初不爲一般學者所同情，甚而有反攻他的；及拉瓦錫氏將養氣固定之後，極力贊助卜氏的主張，這時纔獲得學術界的公認。

在十八世紀最後二十五年內，一方面新氣體接踵發現，一方面努力進行鹽類的分析工作，結果遂使拉瓦錫率領着當代化學界的生力軍，把百餘年來流傳的燃燒素學說打得體無完膚。這隊生力軍的將官計有柏格門（Bergman）、溫塞爾（Wenzel）、客爾萬（Kirwan）、德・毛利（De Morveau）和李希特（Ritcher）諸氏。其中尤以溫塞爾的實驗爲最正確。由於他們的結果，使得我們的化學上添加一條「交互比例的定律」（The Law of Reciprocal Proportions）。

交互比例定律亦作當量定律，一般都信認是李希特所發現的。這條定律的含義就是說兩個

元素或化合物A和B各能與第三物體C化合，則A和B自相化合的比例，須依牠們各和C化合的比例，或是牠們的簡單整倍數。(註一〇)總之，李希特的這種發現和拉瓦錫的氧之燃燒作用的新化學，在成鹽學說的定量研究上，是彼此有關的。

【倍比例定律的成立】——這條倍比例定律最初並不是由鹽類的研究而成立的。道爾頓(John Dalton)氏在一八〇四年親自分析沼氣和成油氣，發現牠們含有的氫量約爲 1:2 的關係；又發現 CO_2 和 CO 中的氧和碳的比例爲 14:5 和 7:5 的比率，於是創立倍比定律；更由此而發明原子學說 (atomic theory)。不久之後，這條定律就運用到鹽類的分析了。例如一八〇八年武拉斯吞 (Wollaston) 氏發現碳酸物和重碳酸物中，酸鹼二物的化合比例爲 1:1 和 1:2；又托姆桧 (Thomas Thomson) 氏證明三種草酸化物中的比率爲 1:1，1:2 及 1:4，而名爲 oxalate, binoxalate 和 quadroxalate。

【定比例定律】——

在鍊金術時期和製藥時期，化學上沒有定性和定量的工作；到了燃燒素時期，大家纔重視定

性的實驗。定量的工作是從卜拉克和拉瓦錫二人開始的。他們二人的工作，似乎已暗中拿定比例定律做根據了。道爾頓的學說謂原子不能再分，並且每種原子各有不同的重量；因此也可以說定比例的定律是從他的學說申引出來的。不過初次具體提出這種定律的是普勞斯特 (Joseph Louis Proust)，同時他自己也首先用試驗證明了。

普勞斯特在一七九九年曾發見天然碳酸銅和人造碳酸銅，其成分完全無異；他的試驗結果如下：

重量一〇〇份的銅，放在硫酸或硝酸的熱溶液中，若用碳酸鈉或碳酸鉀使之沈澱，每次可得一八〇份綠色碳銅酸。蒸溜碳銅酸，則發生一〇份水；最後在碳酸氣放出後，剩黑色氧化銅一二五份。總之，從一〇〇份銅永遠得一二五份黑色氧化銅。屢試不爽。故人造碳酸銅的成分是：

銅 = 100 = 55.6 }
氧 = 25 = 13.8 } 69.4
碳酸氣 = 45 = 25

水	= 10 =	5.6
（鹽基性）碳酸銅	= 180 =	100.0

他把一〇〇份天然礦物孔雀石（malachite）溶解硝酸之中，及碳酸氣放出，則有一%土質殘渣剩下；將此液沈澱，設法還原，則可得九九%的人造碳酸銅。又用同樣的孔雀石一〇〇份，放坩鍋中煅燒，則有七一份黑氧化物剩下。如減去不潔之物體二%，只剩六九份。這些六九份的氧化銅，與九六份人造碳酸銅大略相似。

總之普勞斯特由試驗所發現的，可分為三條：第一、無論用火燒方法，或溶解於硝酸，或其他方法，但銅在氧化之後，永久不能超過二六%——即從一〇〇份的銅，只可得一二五份的黑色氧化銅。第二、天然的碳酸銅，可用化學方法變為人造的碳酸銅，而其重量相同。第三、天然的碳酸銅和人造的碳酸銅，其成分幾乎完全相同。

拉瓦錫的門徒貝叟來（Berthollet）不承認普勞斯特的學說，可是他的先生拉氏是早已默認定比例的定律的。當一七九九年普氏發表他的碳酸銅的試驗時，貝氏在埃及也發表他自己著

的『化學愛力定律』這篇論文中所持的論調，正和定比例的定律相反。貝氏說，一種物質可與有交互愛力的另一種物質，以一切比例相化合，其比例不必一定。後來貝氏在他的「靜力化學」的論文中，又敍述這個觀念。自一七九九到一八〇八年前後的八年之間，二人各持一說，不肯相讓。但二人始終在眞理上辯論，毫無意氣用事的地方。浮玆(Wurtz)氏批評他們道：『他們自始至終的討論，雙方各有論理的力量，又各尊敬眞理與正誼。』到了最後，貝氏所說的道理，被普氏一條一條的都駁倒了，從此這定比例的定律纔宣告成立。

（註一）Shaw: *Boyle*, Vol. II, p. 71.

（註二）Shaw: *Boyle*, Vol. III, p. 436.

（註三）Boyle's *Chemical Doctrine of Qualities Examined*, Vol. III, p. 439.

（註四）Shaw: *Boyle*, Vol. I, p. 522.

（註五）Boyle's *A Fundamental Experiment Made With Nitre*, Vol. I, p. 297.

（註六）關於波氏的講見 Shaw: *Boyle*, Vol. I, p. 522；又關於牛頓氏的卽其所著之 *Optics*。

（註七）Berthollet: *Essai de Statique Chèmique*（靜化學論）丁緒賢先生著化學史通考§§ 311-313，有簡

明的介紹，可以參閱。

（註八）見 *Mem. Sciences Inst. Paris*, 1754.

（註九）原稿為拉丁文，英譯本見 *Edinburgh Physical and Literary Essays*, 1755.

（註一〇）李氏的交互比例定律，是經過他同時化學文獻翻譯家 Fischer 氏的整理和介紹，纔為世人所重視的。

第四章　氣體固定方法史

酸氣（二氧化碳）的發現，和利用鹽基性溶液以固定此種氣體而變成鹽的方法，對於當時化學界曾誘起下列兩種新觀念，即：

（1）世間有化學性質不同的各種氣體存在；

（2）這些氣體可以固定（即使之與別物化合），亦可以再放出；並且這種氣體能用固體物質依人工方法來製備。

這兩種新觀念都是卜拉克氏在一七五四年所建立的。在這時以前，他們把人工所能取出的氣體，如今日的輕氣、碳酸氣、二氧化硫氣等，都認爲是空氣。豐・海蒙（Van Helmont）對於這種假設最初發生懷疑，因而改稱人造空氣曰 gas（氣體）；據他說，這個字是由 chaos 衍變而來的，原意爲「渾沌」。直到十九世紀的初葉，gas 這個字纔逐漸爲一般學者所採用。

在 gas 一字未通行前，指氣體的名詞，海蟒氏用 flatus；波義耳氏用 factitious air；拉瓦錫氏用 elastic fluid 和 elastic fixable fluid；梅歐氏 (Mayow) 叫 spiritus；海力士、卜拉克、加萬粒栗和普利斯特利 (Priestley) 四氏統用 air 一字。

據豐・海蟒氏研究的結果，他認爲在下列五種情形之下，即有氣體發生，酒漿和麵包的發酵，植物質與火的作用，火藥的爆發，木炭的燃燒，以及從天然穴洞 (Grotto delle Cane) 放出等。

在化學的應用以外，科學史上第一位證明空氣的存在的，可推意大利的托利徹利 (E. Torricelli, 1608-1647) 氏。托氏曾用滿盛水銀的玻璃管，倒置水銀槽裏，以證實空氣的重量（一六四三）。波義耳氏察得物質在閉器中燃燒，可以減少空氣的容積。以前，勒・嚴 (Jean Rey) 氏在空中煅燒鉛和錫，發現牠們都能和空氣化合而增重。霍克 (Robert Hooke) 氏更推廣勒氏的觀察，建立燃燒作用的原理。他曾說過沒有空氣則不起燃燒，又謂硝石的作用與空氣相當。(註一)

燃燒時所固定之空氣中一部分的氣體，由梅歐 (John Mayow) 氏的研究大白於世。(註二)梅氏是首先發明用水槽以收集氣體的化學家。除證實空氣和燃燒的關係外，又證明空氣對於呼

吸及金屬煅燒的重要性。梅又曾辨明空氣中有兩種成分：一種可助燃燒與呼吸，一種不能。他的根據是由下列數種實驗而起的。（1）燃蠟燭和樟腦於水面上，覆以倒瓶；（2）放小鼠於水面木板上，以瓶罩之——結果均見瓶中空氣容積減少，因此發現空氣中含有助燃燒和不助燃燒的兩種氣體。又有一套試驗，（1）燃燭並放小動物一隻於玻璃罩內，則見燭火先熄，動物隨而死去；（2）在玻璃罩內祇放小動物，而不燃燭，則動物生命可以加增；（3）罩內先燃蠟燭，及燭熄後，再放動物，則動物立斃——結果，他證明空氣中含有可助呼吸的氣體。梅氏當時的人，都認呼吸可使血液變冷，他卻證實能夠變暖。同時他又證明硝石、硝酸及其他各種酸中，皆含有和空氣裏相同的成分。這種能助燃燒和呼吸的一部分氣體，梅猷特稱做「火氣」(fire-air)或「硝氣精」(spiritus nitro-aerus)。此外，他又說大氣中所含之火氣，僅當其總容積四分之一；並且已用作呼吸或燃燒後的空氣，則不能再幫助燃燒或呼吸。

海力士(Stephen Hales, 1677-1761)出生時，梅猷纔逝世兩年。在他致力於化學研究工作時，多少還受到梅氏的影響，因爲他們同是英國人。海氏祇注意於測定各種物質經過化學反應和

加熱作用以後，所放出或吸收的氣體重量，而對於梅氏的遺業未嘗推進。海力士氏製取且測量過的氣體，如以今日通用之名稱表之，計有輕氣、煤的氣體、碳酸氣、淡氣、養氣和一氧化氮氣。梅氏對這些氣體並未加以甄別，祇是把其中可以燃燒的提出了。發酵和燃燒兩種作用，他認爲相同，這是錯誤的。

卜拉克氏的出世和海力士植物研究 (*Vegetable Staticks*) 一書的出版，同是在一七二八年。卜氏生於法國，受教於蘇格蘭之格拉斯哥 (Glasgow)，從古廉 (W. Cullen) 氏研究化學。卜氏研究鹽基碳酸鎂、石灰和其他鹼性物質的結果，曾於一七五四年用拉丁文刊行問世，以作博士學位的論文，名爲 *De Humore Acido a Cibis Orto et Magnesia Alba*，這本論文，後來又在一七五五年六月五日出版英文的增訂譯本，名爲 *Experiments upon Magnesia, Quicklime and Some Other Alkaline Substance*) 鹽基性碳酸鎂·石灰和其他鹼性物質之試驗）。卜拉克在這本報告裏貢獻好幾種重要的發現，（1）碳酸鎂和石灰（碳酸鈣）的區別，（2）石堊（碳酸鈣）和生石灰（氧化鈣）的差異，（3）苛性鹼和和性鹼的不同，（4）嗅鹽（碳酸銨）（註三）和鹿



梅猷　(John Mayow, 1645-167

角精（氨）的分別。卜氏最大的發現要推固定空氣（二氧化碳）之性質的確定。他認這種氣體和普通空氣不同；牠含在固體物質之中，但可借熱力和酸的作用而驅出，其重量可由其化合物之增重而求得，約爲白堊重量之十二分之五，和鹽基碳酸鎂之十二分之七。至於這些發現對於成鹽學說的關係，前章已有介紹，茲不復贅。

卜氏的發現甚多，現在爲求便於瞭解起見，特撮要開列於次：

（1）世間有一種氣體存在，他稱做固定空氣（fixed air）；

（2）將石灰石或和性碳酸鎂（mild magnesia）強熱之後，即有此氣放出；

（3）注強酸於石灰石、碳酸鎂或和性鹼上，亦有這種氣體放出；

（4）這種氣體可以由一種物質而移入另一種物質之內而不致損失，例如由和性鹼而移到苛性鹼之中；

（5）牠是一種酸氣；牠和苛性鹽基化合而成的鹽類，就是和性鹼和土質（earths）；

（6）固定空氣與普通空氣不同。

這種與普通空氣相異的氣體發現之後，又能用人工方法使之固定，於是研究氣體的風尚，遂盛極一時。就是八六年以來沒有人光顧之梅猷的實驗記錄，和六十年前海力士發表的古董，都成為應時的材料了；這時的化學界突然表現下列兩條研究的途徑：

（1）新氣體的發現，及其性質的決定；

（2）新氣體的固定法。

在第一條路徑上最有貢獻的，當推加萬粒栗（Cavendish）、拉武福德（Rutherford）、普利斯特利和徐萊（Scheele）四氏。拉瓦錫氏的貢獻，全在新氣體的固定。

前此被人發現的可燃氣體（inflammable gases），已有輕氣和煙的氣體兩種。酸類和數種金屬作用後所放的氣體，可以燃燒，德·美爾英（Turquet de Mayern）氏和波義耳氏都曾見過。海力士也曾取得數種可燃的氣體。巴庫（Baku）煤礦裏所放的爆發氣（fire-damp）等，久為世人所熟悉。一七五〇年布勞利格（W. Brownrigg, 1711-1800）氏曾把這裏的爆發氣，運到英國白天城（Whitehaven）內他自己的實驗室裏加以研究——這可說是科學史上在實驗室裏

裝置氣體的第一次。

【氫】——第一次證實金屬與酸作用所放的可燃空氣爲獨立單體的，是英國的加萬粒栗氏，因此我們奉他爲氫的發現者。(註四) 加氏嘗用「蒸汽密度法」(vapour density) 以測定氣體的比重。在他假定空氣的密度等於一時，曾求出可燃空氣 (H_2) 的密度爲〇·〇九，又固定空氣 (CO_2) 爲一·五七——這兩個數值都比實際略大若空氣爲一時，H_2 約合〇·〇七，CO_2 約合一·五二。他在製取輕氣的定量研究上，依重量的比例，曾發現一份的輕氣放出須耗費二二份的鐵，二八份的鋅或四四份的錫。這些數值都因爲氫的密度錯誤而錯誤，全比目下公認的數值相差太多。

加氏發現可燃空氣後，經過二十一年，才由拉瓦錫命名爲 hydrogéno，意即「水素」。

【氮】——淡氣最初是在空氣裏發現的，隨後又在氨和硝酸裏察得牠。武式福德氏在一七七二年曾採用梅歐和海力士的實驗法，考察已被燃灼的木炭所烘過的空氣（即用燃燒的木炭通過密閉的空氣）和已被動物呼吸過而又用鹼液以除去其中「固定空氣」的殘氣，結果他發現皆帶有毒性。(註五) 煅燒金屬後所殘餘的空氣，燃燒硫或磷後所殘餘的空氣，雖其中已竟沒有固定

空氣存在，但武氏證明牠們都仍帶着毒性的。

武武爾德對牠雖實驗了一番，卻未另命新名。普利斯特利氏用鐵粉和硫黃的混體，放在密閉的空氣中燃燒，除去養氣，而取得這種氣體。因此他認為這氣被燃燒素所飽和，遂稱作「燃燒素化的空氣」(phlogisticated air)。拉瓦錫氏在空氣中燃硫黃以除去養氣，而取得牠，稱做 azote，有「無益於生命」的意思。徐萊 (Scheele) 氏分解雷酸金 (fulminating gold)，使氨在王水中與金液作用而生沈澱時，獲得這種氣體。貝叟來 (Berthelot) 因此聯想到氨中必有這種氣體存在。德·法柯 (Fourcroy) 以為氮與鹽基性的氨有關，特定名為「鹽基素」(alcaligéno)。

加萬粒粟用木炭燃燒硝石，收集所放的煙，再用鹼液以吸去煙中的固定空氣 (CO_2)，因而取得淡氣，——可知他是用硝酸物作材料的。後來他把養氣和淡氣的混合體，放在水面之上，以電花通過，而「合成」硝酸；因而證明硝酸中含有氮素。惟加氏深信燃燒素學說，故沿用「燃燒素化的空氣」以名氣。及一七九〇年左右，法國寮普塔 (Chaptal) 纔定名為 nitrogen，不過法國至今還稱牠做 azote 的。

【氧】——在波義耳著的懷疑的化學家第三三三頁上，有下邊一段實驗的記錄，他說：

「將水銀放在玻璃管裏，祇用火去燒，就可以失去銀子的光澤而變做紅色的物體；這種紅色物體，也不須加入任何東西，仍能還原爲原有光澤的水銀。」

祇用熱就可以把水銀變成紅色物體，以前阿拉伯的海鹽氏（註六）早已知道。這種物體名爲「自己沈澱」（precipitate per se）。借硝酸的作用而得之化合物，名曰「紅色沈澱」（red precipitate）。

梅歐氏（Mayow）已預言過氧的存在，認爲是空氣裏和硝石裏所含的「硝氣精」（nitro-aerial spirit），但未曾取出。海力士（Hales）氏或曾由燃燒硝石和鉛丹（red lead）時取得養氣，但他不知道這種氣體是和普通空氣不同的。普利斯特利氏曾重做海力士的實驗，由加熱硝石而取得這種當時唯一的人造空氣，且證明其對於動物的生命並無毒害。一七七四年普氏在用取火鏡（雙凸鏡）加熱水銀煅渣（氧化汞）時曾獲得養氣，同年貝岩（P. Bayen）氏在屈頸甑中加熱水銀煅渣，也發現金屬汞；（註七）惟皆未曾研究所放出的氣體。且看普利斯特利氏自己的報

告：

「用這器物（取火鏡）我做過各種不同的實驗，以後在一七七四年八月一日想由「水銀煅渣自身」(mercurius calcinatus per se) 提取空氣，不久就發現有空氣被取火鏡從那水銀煅渣裏趕出。所得的空氣，約三四倍於我的器皿的容量；加水進去，見其不能吸收，使我詫異萬分。在這空氣裏燃燭，光焰輝煌無比，很像氧化氮與鐵或硫肝 (liver of sulphur) 相接觸時，而燃燭其中的火焰一般；但因除從這種變相的氧化氮以外，從任何空氣中我絕沒見過這種非常的現象——而且我知道在製取水銀煅渣時也沒有氧化氮存在，我完全不懂得如何來解釋牠是好。」

普利斯特利在這年的十月裏，曾親自到了巴黎把他的這種觀察告訴拉瓦錫。

同年法國拉瓦錫氏把這種氣體固定在金屬之中，獲得煅渣(calxes)；讓牠與非金屬化合，則生酸類；且發現煅渣比原金屬較重。接着又證明這種氣體是空氣中最宜於呼吸的一部分；牠和碳化合，可生固定空氣(CO_2)。拉氏把這種助燃燒和助呼吸的空氣的性質研究清楚之後，就在翌年

（一七七五）春季的巴黎國家科學院的會報上發表了。不過這種氣體，拉氏先稱做「生機空氣」(vital air)；oxygène 這個名字，是他在一七七七年纔定的。

英國人有的以為一七七五年春拉氏發表關於「助呼吸的空氣」的報告裏，未曾提起英國普利斯特利的大名，「當然不免有掠人之美的嫌疑」。（註八）『殊不知拉氏所得自普氏的報告，並不能比他自己從波義耳、海力士和貝岩的著作裏所見的為多』(J. F. March, F.R.S. 所說)。並且在一六六九年，英國梅猷氏已測定空氣中「硝氣精」（即氧）的性質，惟未能取得純體；又瑞典徐萊氏，亦曾在一七七一年，由數種物質中發見此氣；前已言之。那種普氏所發現的「我完全不懂得如何來解釋牠是好」的氣體，真不比梅、徐等氏所見的高明幾多；無如英國為要增加國際上學術的體面，便羣起非議，那位死於斷頭臺下的法國拉先生，並於一八七四年八月一日在柏明罕(Birmingham)替普氏鑄起像來。

若批評拉瓦錫氏「掠人之美」，我們也可用事實為他辯護。當他在一七七七年採用普利斯特利氏的實驗而證明硝酸的性質時，後來在他的報告末尾，他曾坦白地寫了下面的話：

『我始做這報告時，已向普利斯特利先生表示敬意 (en rendant hommage à M. Priestley……)，因為他的大部分研究含有興趣。現在這報告束結了。但事實顯然告訴我們：空氣不由亞硝酸 (acide nitreux) 構成的，如普氏所設想，——在我看來，亞硝酸卻是由空氣構成的』。

並且拉氏因為採用卜拉克氏的「氣體的固定法」而得了很大的助力，一七八五年他寄一本自著的化學概論 (*Traité de Chemie*) 與卜氏時，曾寫着『足下在拙著中，可以看見有些意見，是你最初播下的種子。』又在寄化學概論與愛丁堡皇家學會的時候，他寫過這樣一句話：

『貴會會員中能有創立「空氣固定」之學說的卜拉克博士，實為諸位的光榮』。

凡此皆足以表現拉氏的真品格。

總之養氣和氧化的現象發現之後，整個的化學都從此改變了。所以柏特羅 (Berthelot) 氏認為氧的發現為「化學的革命」(the chemical revolution)。至於論到空氣的固定法的成立，我們可認為由梅猷 (Mayow) 氏開其端，由卜拉克氏促其長，而由拉瓦錫氏完其成。

（註一）R. Hooke: *Micrographia*（微物誌詳），1665.

（註二）John Mayow: *Tractatus Quinque Medico-physici*, 1669.

（註三）英文作 smellingsalts，亦作香鹽。

（註四）見 *The Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, 1766.

（註五）Rutherford: *De aere fixo dicta aut mephitico*, 1772.

（註六）見本書第二章註九。

（註七）*Journal de Physique*, 2, 280.

（註八）見英國倫敦大學科學學士丁緒賢先生著化學史通考，一九二五年北大本，頁九八；丁氏亦持英國人一般見地。

第五章　原子學說史

在前兩章裏，我們曾介紹過化學上兩大學說：鹽類的造成和空氣的固定。本章擬將英國道爾頓(John Dalton, 1766-1844)氏的原子學說(atomic theory)加以剖析說明，這個學說乃是化學上第三個最大的概念。

道爾頓的原子說是由他的倍比定律推演而成的。在道氏以前，除了李希特(Richter)氏對於鹽類比例的量法以外，完全都是用百分法；就是鹽類的比例，也祇說道「中和」時酸和鹼的對比；這一點在前章已略加介紹，茲不復贅。

關於物質由最微粒子的原子所構成之觀念，並非創自道爾頓，紀元前數百年已有希臘哲人先後發明。其中最著名的要推德謨頡利圖(Democritus, 460?-362? B.C.)和伊璧鳩魯(Epicurus, 341-270 B.C.)二氏。和原子說一同發生的，還有兩個重要的觀念，同由希臘哲人提出，即「物質

之不生不滅說」和「物性之均一(uniformity)觀念」。紀元前一世紀羅馬詩人琉克理細阿(Lucretius)氏在所著的*De Natura Rerum*裏，對於物質的不生不滅，曾用韻語作下列的解釋：



道爾頓 (John Dalton, 1766-1844.)

「看起來萬物是死了，但實則猶生，——

正如春雨落地，霎時失去蹤影；

可是草木把牠吸來，長成花葉果實

——欣欣向榮。

萬物都不會死，每死必有生。」

琉克理細阿並且說明物質永遠相同的定律；又謂物質雖表現靜止的樣子，而其中的原子卻無時不在運動。他拿兩隊大軍在曠野上會戰作譬喻，說道：

「在遠遠山地的曠野上，

兩隊敵軍正在拚命；

看來只有一片靜止的火光，

實則肉飛血洒，人馬奔騰。」

「物質不滅說」由拉瓦錫氏所證明，「物質的均一說」由普勞斯特 (Joseph Proust) 氏所證

明。普氏曾把實驗室中所製取的物質與天然產物相比較，發現二者的「組成」完全相同；如碳酸銅的沈澱和孔雀石一樣，便是明例。

在道爾頓氏發表他的原子學說之前，已發現數種物質，其元素之化合比例不同。如碳和氧的化合物，那時有碳酸和氧化碳(carbonic oxide)。碳酸，即今之二氧化碳，由卜拉克所發現，經拉瓦錫分析研究。氧化碳，即今之一氧化碳，初由普利斯特利所發現，後迭經可如克山柯(Cruikshank)、德素爾默(Desormes)氏、克來孟(Clement)氏及道爾頓諸氏的分析研究，而尤以道氏的分析結果爲最確。這兩種物質構成的百分比可表示如次：

類別	氧化碳	碳酸
氧	五七・一	七二・七
碳	四二・九	二七・三

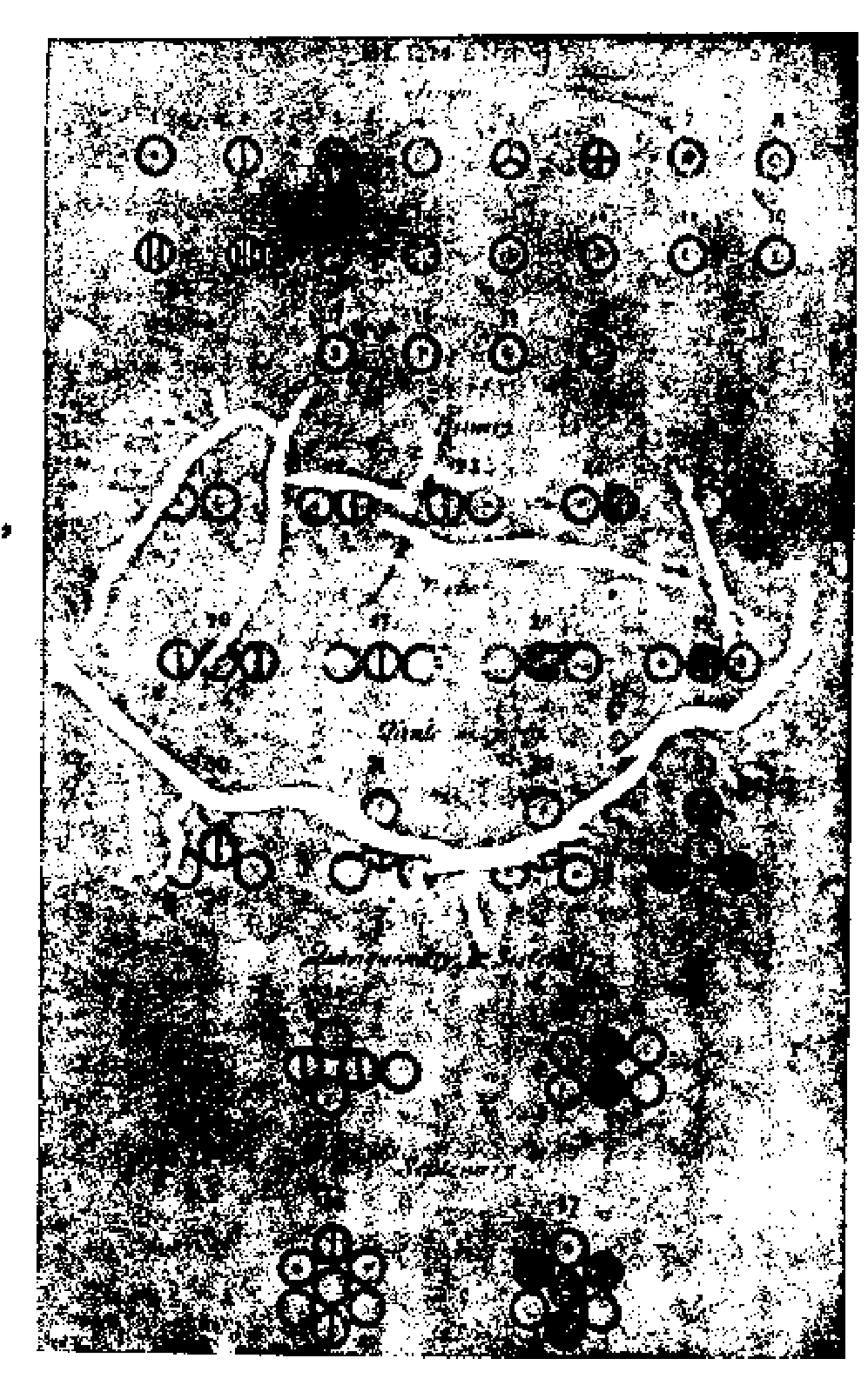
但道爾頓氏以氧原子的重量爲七，又碳原子爲五・四（在這種比例中，氧和碳所化合的氫原子重，各皆爲一），那嗎這兩種化合物的成分，可表如下：

類別	氧化碳	碳酸
氧	七	二乘七
碳	五·四	五·四

故碳一原子和氧一原子相化合，則成一氧化碳，又碳一原子和氧二原子相化合，則生二氧化碳。

道爾頓氏所求得的原子量（表中係一部分）

元素	氫=1	氧=8	元素	氫=1	氧=8
4.氧	7	8	20.汞	163	191
1.氫	1	1.1	15.銅	56	64
2.氮(azote)	5	5.7	13.鐵	50	57
3.碳	5.4	6.2	16.鉛	95	108
6.硫	13	15	14.鋅	56	64
5.磷	9	10.3	鈉	21	24
17.銀	100	114	鉀	35	40



表一 道爾頓氏原子符號的原表(Dalton's Atomic Symbols)

在上表中元素名稱左邊的數字，係指附表一中道氏「原子符號」(atomic symbols)而言

的。但道氏表中並無鈉和鉀的符號。圖中符號7爲氧化鎂(magnesia)，符號8爲石灰，符號9爲蘇打(soda)，符號10爲木灰，符號11爲(strontites)符號12爲重土——這六種道爾頓氏皆目爲元素，惟後此不久，卽被人證明爲化合物。

原子符號自21至25，道氏稱做「二原子化物」(Binary)，自26至29爲三原子化物(Ternary)，自30至33爲四原子化物(Quaternary)，34爲五原子化物(Quinquenary)，35爲六原子化物(Sextenary)，自36至37爲七原子化物(Septenary)。道氏對每種的說明如下：

符號21爲水一原子——由氫和氧各一原子而成；

符號22爲氨一原子——由氫和氮各一原子而成；

符號23爲亞硝氣(卽N_2O)一原子——由氮和氧各一原子而成；

符號24爲成油氣(乙烯)一原子——由氫和碳各一原子而成；

符號25爲氧化碳(卽CO)一原子——由氧和碳各一原子而成；

符號26爲氧化亞硝(卽NO)一原子——由氮二原子與氧一原子而成；

符號 27 爲硝酸（過氧化氮）一原子——由氧二原子與氮一原子而成；
符號 28 爲碳酸（CO）一原子——由氧二原子與碳一原子而成；
符號 29 爲碳化氫（甲烷）一原子——由氫二原子與碳一原子而成；
符號 30 爲氧硝酸（即硝酸）一原子——由氧三原子與氮一原子而成；
符號 31 爲硫酸一原子——由氧三原子和硫一原子而成；
符號 32 爲硫化氫一原子——由氫三原子和硫一原子而成；
符號 33 爲醇一原子——由氫一原子和碳三原子而成；
符號 34 爲亞硝酸一原子——由氧三原子和氮二原子而成；亦即由原子 23+27 而成；
符號 35 爲醋酸一原子——由氧氫碳各二原子而成；亦即由碳二原子和水二原子而成；
符號 36 爲氨之硝化物一原子——由硝酸、氨和水各一原子而成；
符號 37 爲糖一原子——由醇和碳酸各一原子而成。

道爾頓氏所謂之水一原子和糖一原子等等；實即今日的一分子，這是要特別注意的！

道氏的原子量，一眼看來，便知牠們並不正確；但經仔細研究之後，又覺牠們無甚大錯。不過有一點要特別指出的，就是他把氧的原子量和水的組成弄錯了。他據個人的測定和當時人的報告認定水中氫和氧之比爲1:7，這是不對的。以前在一七八三年，加萬粒粟氏曾謂水中氫和氧的容積之比爲2:1，數值甚確；惟水的密度那時尚未測出。但加氏嘗定空氣的密度爲1，而求得氫的密度爲〇·〇九；後來道爾頓氏求得爲〇·〇八〇五；現今公認的數值爲〇·〇七，故知道氏方法比加氏爲較精。一七八三年拉瓦錫氏測得水中氫和氧的重量之比爲1:6.64；一八〇七年德·索緒爾(De Saussure)氏所測得之數爲氫1:氧6.94；至其他各人所得之數值，略舉如下：

年代	測者	氫重量	氧重量
一八〇七	傅俄和阿拉哥(Biot and Arago)	一	七·五三
一八二〇	丟陸格和柏齊利阿斯(Dulong and Berzelius)	一	八
一八四〇	杜馬(Jean Dumas)	一	七·九八
現在	(公認的)	一	七·九四

養氣的化合物較別種氣體的化合物爲最多，可作標準氣體。故規定原子量，現今通以氧等於一六爲標準，定氫等於一·○○八；把以前定氫爲準則的習慣破除了。道爾頓氏多數的原子量，皆以氧等於八爲標準，而不取氧等於七的數值，所以他所測得的結果，不是和現在的相等，就是等於現在的一半，或其他的「約量」(sub-multiple)。道氏最初對原子化合量所下的原則，他認爲兩種元素只由一種化合比例而成的物質，則其中每一元素各爲一原子。觀附表一，符號21、22及23等，及其說明，便可瞭然。不過這條簡單的定律，常爲種種的原因使他捨棄而不能適用，其中最主要的原因是爲了鹽中的酸和鹼的關係。

道氏又由測得鹽類中酸的重量，更間接算出金屬的原子量。他先由鹽中減去酸重，再由鹼中減去氧的原子量，因而求得金屬的原子量。道爾頓氏在他所著的化學哲理的新系統（註一）上，曾將推算鈉鉀二元素原子量的方法，自敍如下：

「與酸化合之蘇打和木灰，現求得蘇打的重量爲二八，木灰爲四二；據大衞先生(Mr. Davy)最重要發現的報告，我們知道這兩種東西同是金屬的氧化物。蘇打之中，除含有一個原子量

爲七的氧以外，一定還有一個原子量爲二一的金屬原子；木灰之中，一個金屬原子爲三五，和一個重量爲七的氧原子。」

上段的意思，即鈉的原子量爲二一，又鉀爲三五。若將氧的原子量改作八計算，則道爾頓氏所求得鈉之原子量爲二四，又鉀爲四〇——這兩個數值都祗比目下公認的多一（現今 Na＝23，K＝39），可說是精確了。若根據道氏這種方法的例子，將氧原子量由七改八，則銅爲六四，鐵爲五〇，鋅爲六四，同見前表。至於銅之兩種氧化物，可用下列兩個式子表示，其理甚明：

ⓒ○　　和　　○ⓒ○

鐵的兩種氧化物，亦應表示如下：

○Ⓘ○　　　　○Ⓘ○○

但有一點，使人最初不甚明白，即氧化鋅爲鋅的唯一氧化物，然其方程式卻不作 ⓩ○ 而寫作

○Ⓩ○　這是因為他承認氧化鋅和低氧化鐵及高氧化銅三物相當：他祇知高氧化銅 ○Ⓒ○ 為青礬，低氧化鐵 ○Ⓘ○ 為綠礬；今氧化鋅為白礬，故其構造式應作 ○Ⓩ○ 以示與前二種為同類。至鋅的原子量遂應為三二。由此可知道爾頓已拋棄了從前那條簡單而武斷的定律，另採取一條更合科學理論的法則了。惟道氏假設氨係由氫和氮各一原子所合成，又氧化氮由氧和氮各一原子所構成，因而把氮的原子量定錯了。他自己分析氨的結果，發現其中為氫一和氮四·七的比例；又大衛氏分析氧化氮的成分為氧七氮六——吾人若以氧和氫之對比為 7:1 做標準，則四·七和六均可採作氮的原子量。但二者不能兼用，所以道氏採取折衷的辦法，定五為氮的原子量。他為什麼採用五呢？那是因為這個數值和他所求得的更接近。

提到倍比定律和原子學說的研究，那嗎海京思 (W. Higgins) 氏的工作是不應掩沒的。海氏於一七八九年出版燃燒素學說與反燃燒素學說之比較研究一書，(註二) 其中他採用粒子 (particle) 和分子 (molecule) 等字以代替原子。他又很明白地提出倍比定律，更提倡化學符號及鏈 (bonds) 的應用。不過他所舉的例子太不便於應用了。他以硫酸和亞硫酸兩種硫之氧化物

爲例，而斷定亞硫酸是由硫和氧各一粒子化合而成，又硫酸由硫一粒子和氧二粒子而成；他用下列的符號來表示：

$S-D$ 和 $S<^{D}_{d}$

D和d是代表脫燃燒素的空氣(dephlogisticated air)，即今日之氧。海氏分析亞硫酸的結果，發現其中之氧和硫爲等重，數値甚確；惟對於硫酸中所含之硫，他估定的數量太低。不過在一七八九年的時候，大家還沒有注意硫酸的定量分析，他能首先致力於此，已屬難得。總之，海京思氏是第一位想到倍比定律的學者，又是第一位在分子式上運用原子間的價標的化學家。

此外對於測定原子量予以助力最多的，要推該・律薩克(Gay-Lussac, 1778–1850)氏在一八〇八年所發現的「氣體容積定律」了。該氏說道：

「在這篇論文裏，我表白了氣體物質，常以很簡單的容積比例率而化合。如以一種氣體容積爲單位，則其餘的容積，即等於一、二或三等整倍數。在固體或液體中，沒有這種比例率。若以重量而論也沒有。這乃是一個證據，證實物質只有在氣體狀態時，纔服從這條定律……並且化

合時容積之收縮，而與化合氣體之容積成爲簡單的比例，也是氣體所特有的性質。」

三年之後，一八一一年，意大利物理學家亞佛加德羅（Avogadro）氏發表的氣體分子定律，對於原子量之測定，也有很大的助力。不過亞氏的定律是在他死後纔受人重視的。他的定律是：

『在等容積的氣體裏含有相等數目的分子（molécules integrantes）；但所含之原子（molécules élémentaires），其數不一定相等。』

英國大衞爵士（Sir H. Davy）在一八一二年出版的一部化學的哲學（*Chemical Philosophy*）上，已附有大多數元素的原子量。大衞氏的原子量有幾種特點，須加以說明。第一、他把道爾頓的氧之原子量加了一倍，認爲水是由兩個氫原子和一個氧原子合成的（以代替道氏氫氧各一原子的假設）。因此大家對於氧之原子量和水的成分兩個問題爭辯迭興，造成五十年的糾紛。第二、大衞尋出氮和二氧化氮間的眞關係，而改正道氏對於氮的錯誤，以爲氮原子量等於二六。第三、大衞當時的學者都認氯爲 muriaticum 的氧化物，(註三) 而他獨認氯爲元素，並測得其原子量爲三三·五。第四、他估定碳的原子價爲一一·四，又硫爲三〇等等。

大衛氏這時所採取之氧原子量爲一五，若改爲一六，則以上氮之原子量應爲二七・八，氯爲三五・六，碳爲一二・一，又硫爲三二。這四個數值，除氮約爲今日的二倍外，其餘的都算很準確。

瑞典化學家柏齊利阿斯(Jacob Borzelius, 1779–1848)自一八一〇年即開始做測定原子量的工作，所有報告均發表於瑞典科學院的記錄。起初他以氧之原子量等於一〇〇作標準；後來改氧之原子量爲一六，而公佈各元素的原子量如下表：

元素名稱	符號	1815	1828	元素名稱	符號	1815	1828
氧(Oxygen)	O	16	16	氯(Chlorine)	Cl	——	35.4
氫(Hydrogen)	H	1.07	1	氟(Fluoricum)	F	9.6	——
硫(Sulphur)	S	32.2	32.2	氟(Fluorine)	F	——	18.7
燐(Phosphorus)	P	26.7	31.4	碘(Iodine)	I	——	123.2
氮(Nitricum)	N	12.7	——	硼(Boron)	B	11.7	21.8
氮(Nitrogen)	N	—	14.1	碳(Carbon)	C	12	12.2
氯(Muriaticum)	M	22.4	——	矽(Silicon)	Si	48.8	44.4

砒(Arsenic)	As	134	75.3	銅(Copper)	Cu	129	63.4
鈉(Sodium)	Na	93	46.6	鉛(Lead)	Pb	417	207.4
鉀(Potassium)	K	157	78.5	錫(Tin)	Sn	239	117.8
銀(Silver)	Ag	431	216	汞(Mercury)	Hg	406	202.8
鎂(Magnesium)	Mg	50.7	25.4	鋁(Aluminium)	Al	55	27.4
鈣(Calcium)	Ca	81.9	41	鐵(Iron)	Fe	113	54.3
鍶(Strontium)	Sr	170	87.7	鉻(Chromium)	Cr	113	56.3
鋇(Barium)	Ba	269	137.3	錳(Manganese)	Mn	114	57
鋅(Zinc)	Zn	129	64.6				

柏齊利阿斯是現代通用化學符號的製定者，他以前所用的符號笨重不便，幾乎令人望之生厭；他的這一件功績，是值得我們紀念的。

一八一九年法國化學家丟隆格(D. L. Dulong)和柏提(T. A. Petit)二氏由研究物性和原子的關係，發現元素的原子都有相等的比熱，如以方程式表示，則爲：

比熱×原子量＝±6.4（常數）。

如果一種元素在普通溫度的比熱已經知道，那麼用這個數目去除6.4，卽得牠的原子量。所以丟隆格和柏提的定律對於原子量的測定是很重要的。

一八一九年德國密特射利赫（Ernst Mitscherlich, 1794-1863）氏發表他的「同形定律」(law of isomorphism) 認爲凡生有形式相同之結晶的化合物，那麼牠們一定在組成上是互相類似的。這條定律也常利用以決定原子量。

一八五八年羅馬大學教授康尼乍羅（S. Cannizzaro）氏發表由化合物的蒸汽密度而測定的非金屬元素之原子量，以及用丟柏二氏原子熱定律所求得金屬元素的原子量，使當時通用的柏齊力阿斯的原子量改正許多。從此氧之原子量固定爲一六，碳爲一二，至氧八碳六的數目便廢而不用了。在大體上，康尼乍羅氏的改訂原子量可算是最後的決定，——在他以後，只有利用新方法測定而略加改訂的地方，或新元素發現後而補入的數目，原子量的問題可算結束了。

（註一）見Dalton: *New System of Chemical Philosophy*，一八〇八年版本頁二二〇。

（註二）William Higgins: *A Comparative View of the Philogistic and Anti-phlogistic Theories*, 1789.

（註三）此時法國化學家的腦中，都深印了「酸必含氧」的觀念，雖有人已證明氯比鹽酸更為簡單，他們仍不肯拋去這個觀念。所以該·律薩克諸氏，不認氯為元素，而以牠是由一種未知基X的氧化物——這個基稱做 muriaticum，茲採用原文而未譯。

第六章　原子和離子史

【週期律】(The Periodic Law)

在康尼仄羅(Cannizzaro)氏最後訂正的原子量發表不久之後，紐蘭茲(John Newlands)氏曾依原子量之次序，分行排列，而在一八六五年發現元素的「八音律」(law of octaves)，他說：「第八元素，從一個指定者起可算第一次的重演，和音樂中八音律的第八個音符(note)相似。相似的元素常相差七個數目或七的倍數。以氮組而論，氮和磷中間有七個元素；磷和砷中間有一四個元素；砷和銻中間有一四個元素；即最後銻和鉍的中間也是有一四個元素。」他的元素八音律表，現在可表示如下：(見一〇四頁)

俄國化學家門得雷耶夫(Mendeléjeff)氏(註一)在一八七一年發表一篇關於原子排列的週期次序的論文，內容較紐蘭茲氏的更為完全。門氏的原稿是俄文，翌年就有人譯成德文，在德

H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	Te 43	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Y 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Ti 18	Zn 25	Zr 32	Sn 39	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Cr 19	In 26	Ce & La 33	U 40	W 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	I 42	Au 49	Th 56

圖(註1)發表了。在刊佈門氏論文的學報裏，同時還登載一篇邁耳・路沙(Lothar Meyer)氏獨立研究的週期律的論文。祇因邁耳的意見大概都可包括在門氏的論文裏，所以我們提到週期律，便推門氏為功臣了。

門得雷耶夫把元素分為八組，並發現原子價(valency)由I而可以遞增至VIII，使氫化物〔如 RH, RH_2 及 RH_3〕、氧化物〔R_2O, RO 及 R_2O_3〕及氫氧化物〔如ROH, $R(OH)_2$ 及 $R(OH)_3$〕等等的化合比率皆可以明白表出。此外門氏的週期律又能指出當時尚未發現的元素，

並能預言牠們和牠們的化合物之一切性質。門氏表上的空隙，後來由一八七九年發現的鈧(scandium)，一八七五年發現的鎵(gallium)和一八八六年發現的鍺(germanium)先後塡入，無不適合。



門德雷業夫 (Dmitri Ivanovich Mende'ejeff, 1834–1907.)

拉姆塞(Sir W.Ramsay)氏由大氣中所發現的「希有氣體」的全組，可算是門氏表中最大的增補。茲附入門氏最初在利比喜氏化學年報的副刊上所發表的原表，以示當時所有元素的數目。

Reihen	Gruppe I. — R^2O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R^2O^3	Gruppe IV. RH^4 RO^2	Gruppe V. RH^3 R^2O^5	Gruppe VI. RH^2 RO^3	Gruppe VII. RH R^2O^7	Gruppe VIII. — RO^4
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

表二　門得留業夫氏週期表的原表（採自 Liebig's *Annalen Supp.* 8, 133.）



居禮夫人 (Madame Curie (*née* Sklodowska), 1869-1934.)

【放射性】(Radioactivity)

一八九六年塔克累爾(Becquerel)氏由鈾礦發現一種類似X光線的放射線，能使照相乾版發生感光作用，並能使附近的空氣電離，此種性質就稱做放射性。

同年法國居禮夫婦(M. and Mme. Curie)從瀝青鈾鑛中發見放射性更大的物質，先讓牠混在硫酸鋇中，與他物分離，更由其中分出比鈾之「放射能」約強一百萬倍的物質；他們稱牠爲鐳(radium)。一九一〇年居禮夫人用水銀電極電解$RaCl_2$，而分得金屬鐳的純體。夫人的這種發現，不僅引起當代接踵發現的放射性元素(radioactive elements)，而使門氏的週期律更有權威，並且原子的性質，也從此而益明。

放射性元素所放射之線有α線、β線和γ線三種。α線爲氦原子之流，β線爲電子之流，γ線是能媒的波動；前二種帶電。後一種不帶電。

一九一三年英國索提(Soddy)和德國腓揚斯(Kasimir Fajans)二氏關於放射性元素對於週期表上的位置，同時發表如下之理論：

放射性元素放出α線時，則失去一個氦原子，故原子量減四，同時失去二單的陽電，故原子價減二，因此週期表上的位置，應左遷而居於隔一行中。放射β線時，則失去一個電子，雖原子量不變，而因失去一單位的陰電，故原子價增一，於是應向右遷而居鄰行之中。

依這種理論說明，則鈾、鋼和釷三系放射性元素的關係如下表：

原子序數	鈾系	鋼系	釷系	元素
92	U　U_{II}			U
91	Ux_{II}	Pa		Ux_{II}
90	Ux_{I}　Io	Uy　RdAc	Th　Rdth	Th
89		Ac	Mth_{II}	Ac
88	Ra	AcX	$Mesoth_{I}$　ThX	Ra
87				—
86	Rn	AcEm	ThEm	Rn
85				—
84	Po　RaC'　RaA	AcC_{1}　AcA	ThC_{1}　ThA	Po
83	RaE　RaC	AcC	ThC	Bi
82	Pb　RaD　Pb　RaB	Pb　Pb　AcB	Pb　Pb　ThB	Pb
81	RaC_{2}	AcD	ThD	Tl

表　三　　鈾、鋼、釷三系放射元素之關係表

⇒表示放射α線，→放射β線，在同一橫列中的元素爲同位素。

【同位素】(Isotopes)

放射性元素既是有粒子繼續放射而出，其最後的生成物究竟是什麼呢？這乃是研究

放射性元素的學者，必然想到的問題。索提(Soddy)氏認爲鐳和釷的最後殘體爲金屬鉛。鐳的原子量爲二二六，釷爲二三二若一次失去四單位，則由鐳所成之鉛，其原子量應爲二〇六，釷的應爲二〇八；但普通鉛的原子量是二〇七。索提氏測量由釷鑛中所採得的鉛，決定其原子量爲二〇八；利查茲(Richards)氏研究鐳鑛中的鉛素，發現牠的原子量爲二〇六；並且這兩種鉛的性質，都完全和普通鉛吻合。普通的鉛乃是以上兩種鉛的等量混合體。因此，索提氏對於凡原子量不等而性質相同，凡在週期表中應佔同一位置的元素，定名爲同位素(Isotopes)。

元素旣有自動改變的現象，則以前鍊金術士之變汞爲金的夢想，便可實現；並且數百年來原子不可再分的觀念，也從此破裂了。在事實上，用汞變金的實驗，最近已由日本和德國的化學家證明了，不過分量極微。

【原子序】(Atomic Number)

原子序亦稱「摩斯利序數」(Moseley number)，因爲牠是由英國少年物理學家摩斯利(Henry Moseley, 1887-1915)氏(註三)所發現的。一九一三和一九一四兩年中，摩氏用陰極線

(cathode rays) 射在各種元素上，而使之放出X光線；當他測量這種光線的波長時，他發現波數(註四)的平方根是和按原子量之次序的元素數成比例的。結果每一元素的原子有一個特殊的數目。(註五)

原子序和原子量不同。因為週期表上每一個位置可被一個元素或數個同位元素所佔據。現在已知的元素共九二種，所以原子序數是從一到九二而連續遞增的。原子量不都是整數，並且也不是依着原子序的順次而增重的。

原子序的數目恰和原子的電荷數相當，所以原子序既可以代表原子核 (nucleus) 內的陽電荷數，和核外的電子 (electron) 數。核外電子，據波爾 (Niels Bohr) 氏的學說，都是循着核心以外的軌道而運行的。軌道自內而外，依次為 1_1, 2_1, 2_2, $3_1 3_2$, 3_3; 4_1, 4_2……$7_1 7_2$ 等等，至各軌道上電子的配列，請看表四：

【溶液的學說】

溶液的性質，尤其是鹽類水溶液的性質，及經研究明白之後，於是以前的成離學說便立時起

周期	原子序數 元素	n_k 軌道上電子之數						
		1_1	2_1 2_2	3_1 3_2 3_3	4_1 4_2 4_3 4_4	5_1 5_2 5_3 5_4 5_5	6_1 6_2 6_3 6_4 6_5 6_6	7_1 7_2
第一周期	1 H	1						
	2 He	2						
第二周期	3 Li	2	1					
	4 Be	2	2					
	5 B	2	2(1)					
	10 Ne	2	4 4					
第三周期	11 Na	2	4 4	1				
	12 Mg	2	4 4	2				
	13 Al	2	4 4	2 1				
	18 A	2	4 4	4 4				
第四周期	19 K	2	4 4	4 4	1			
	20 Ca	2	4 4	4 4	2			
	21 Sc	2	4 4	4 4 1	(2)			
	22 Ti	2	4 4	4 4 2	(2)			
	29 Cu	2	4 4	6 6 6	1			
	30 Zn	2	4 4	6 6 6	2			
	31 Ga	2	4 4	6 6 6	2 1			
	36 Kr	2	4 4	6 6 6	4 4			
第五周期	37 Rb	2	4 4	6 6 6	4 4	1		
	38 Sr	2	4 4	6 6 6	4 4	2		
	39 Y	2	4 4	6 6 6	4 4 1	(2)		
	40 Zr	2	4 4	6 6 6	4 4 2	(2)		
	47 Ag	2	4 4	6 6 6	6 6 6	1		
	48 Cd	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2		
	49 In	2	4 4	6 6 6	6 6 6	2 1		
	54 Xe	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4		
第六周期	55 Cs	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	1	
	56 Ba	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4	2	
	57 La	2	4 4	6 6 6	6 6 6	4 4 1	(2)	
	58 Ce	2	4 4	6 6 6	6 6 6 1	4 4 1	(2)	
	59 Pr	2	4 4	6 6 6	6 6 6 2	4 4 1	(2)	
	71 Lu	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 1	(2)	
	72 Hf	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 2	(2)	
	79 Au	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	1	
	80 Hg	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2	
	81 Tl	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	2 1	
	86 Rn	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	
第七周期	87 —	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	1
	88 Ra	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4	2
	89 Ac	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 1	(2)
	90 Th	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	6 6 6	4 4 2	(2)

表四　元素的核外電子在軌道上配列表

了改變氣的性質明白了，纔證明酸中不一定含有氧素，鹽酸即其特例。大衞（Davy）氏聲言養氣並不能認作酸素（acidifying principle），而一切酸類中都是含有輕氣的；並且鹽類之發生，乃是由金屬代換「酸性氫」的結果。這個意見的改變，遂使鹽類物質的名稱跟着改變，如 muria e of lime 改爲 calcium chloride 等等。

服爾塔（Volta）氏在一七九〇年發現電流之後，化學家便立時採用牠以研究物質。貝叟來（Bertholet）氏用電流分析氨；加萬粒栗（Cavendish）氏用牠合成硝酸；尼古生（Nicholson）氏用電堆（註六）於一八〇〇年將水電解爲養氣和輕氣；一八〇八年大衞氏又由電解苛性木灰和苛性蘇打，而取得鉀鈉二種元素和養氣。當電解鹼鹽的溶液時，在陰極爲酸而陽極爲鹼。用電流作用於各種電解質（electrolytes）的問題，後來經大電學家法拉特（Faraday）在一八三三與一八三四年間的研究纔完全明白。他曾成立下列兩條電離定律：

（1）電流的化學作用，和通過的絕對電量成正比；

（2）離子的當量（equivalent quantity）是和牠們的普通化學當量相同。

物質的溶液分爲導電與不導電的兩大類。酸、鹼、鹽三種的溶液都能導電，特稱電解質；糖和中性有機物多不能導電，名之曰「非電解質」。一八八四年拉烏爾(Raoult)氏發現電解質較非電解質對溶液的沸點和冰點有顯著的改變，這乃是化學家最初所見到的溶液的大區別。由是，拉烏爾發現「各種等分子量的物質，其溶液所呈沸點昇高和冰點降下的度數常相等」的定律。利用這條定律，可以測定一般能電解的物質的分子量。

瑞典化學家阿累尼阿斯(Arrhenius, 1859-1927)在一八八七年所發表之離子學說(ionization theory)(註七)促使電離學說有長足的進步。阿氏認爲鹼、酸或鹽各電解質，若溶於水中，則全體或一部分分爲離子(ion)，且能導電。離子爲帶陽電或陰電之原子或原子團：帶陽電者稱爲陽離子(cation)，帶陰電者稱爲陰離子(anion)。離子對於溶媒之沸點及融點的影響，亦如同個別的分子一樣。故氯化鈉在水中不分作 NaCl，而分爲 Na^+ 和 Cl^- 之兩種電荷相反的離子。鹽類的電離度通常可達完全，鹼類和酸類的電離度較小，有機酸和有機鹼更小；惟溶液愈加稀釋，其電離度亦愈大。

在阿累尼阿斯發表離子學說前八年，那威研究家古爾德保(Guldberg)和偉格(Waage)二氏曾發明「質量作用定律」(mass action law)，謂化學反應的速度是和其時參與於反應的物質之濃度(即同容積中的質量)爲比例，(註八)這時德國物理化學大家俄斯特發爾特(Ostwald)就由古偉二氏的定律和阿氏的學說，而推廣到「解離常數」(dissociation constant)的測定。(註九)從此離子學說纔獲得實際上的應用。

(註一)名 Dmitri Ivanovich，其姓之拼法尚有 Mendeléeff, Mendelejef 和 Mendelejew 等等。

(註二)見 Liebig's *Annalen Supp.* Vol, 8, p. 133(1872.)

(註三)此人在歐洲從軍出征，在七年其中流彈喪生。

(註四)即wave number，指顫動速度(vibration frequency)或振動數而言。摩斯利氏用V代振動數，用N表原子序，曾發現如下的關係：

$$\sqrt{V} \propto N$$

(註五)*Philosophical Mag.*, 1913, p. 1024; 1914, p. 703.

(註六)Electric pile，即電池。尼氏和 Carlisle 二人曾於一八〇一年發現連於電池兩端的金絲，浸入一杯清水中，則

鉑絲上圍有氣泡。經過一番試驗之後，他們決定在陽極的氣泡是養氣，在陰極的是輕氣。

(註七) *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, Vol. I, p. 631 (1887).

(註八) Études sur les Affinités Chimiques, *J. Prakt. Chem.*, (2), 19, p. 69 (1879).

(註九) *Zeit. Phys. Chem.*, 1888〔解離常數亦名親和恒數或愛力恆數(affinity constant)，參閱萬有文庫第一集伍譯物理化學大綱 §§130, 125, 115〕。

第七章　元素發現史

法國化學家拉瓦錫氏曾把我們現今所認作元素（單體）的物質，分作金屬和非金屬兩大類。他認為金屬元素可變成完全鹼性的氧化物，非金屬則生酸性的氧化物。這乃是化學元素最初的界說和分類。由氫到鈾的元素總數是九二種，現在已發現了九〇種，因此我們推定目下尚有兩種還沒發現。這兩種，一個是鹼族的金屬（alkali metal）；一個是鹵屬元素，或者帶有金屬的性質。這九〇種已知的元素中，六九種為金屬，二一種為非金屬。在拉瓦錫氏的時代，只有二二種元素，計非金屬八種與金屬一四種。那時著名的鹼類，如 soda 和 potash，拉瓦錫氏認為是金屬的氧化物，而不承認是單體，這是他的識力過人之處。這種金屬後來在一八〇七年竟被英國大衛（Sir Humphry Davy）氏採用通電分解法，把牠們逐一發現了。鉀鈉發現之次年，大衛氏又發現鎂、鈣、鋇和鍶。在一八〇八年他又利用鉀的活潑性，將鉀與無水硼酸共熱，分得硼之單體；次年又用鉀和

氰化矽作用，將矽取出。及至一八一二年，元素總數計達四七種，內有金屬三五，非金屬一二。一八六九年俄國化學家門得雷業夫 (Dmitri Mendelejeff) 氏和德國化學家邁爾・羅塔 (Lothar Meyer) 氏同時發見元素之週期制(Periodic system of elements)，於是元素間之關係，因以大明；至一八七一年所知之元素達六三種，計有金屬四八種非金屬一五種。

元素的性質可由週期表中的位置而定。由四隣元素的性質，可推知中間元素的大概性質。門氏在發表「元素之週期制」的時候，對於未知元素的物理性質和化學性質，曾有預言。隨後數年間，果連續發現鈧 (scandium)、鎵 (gallium) 和鍺(germanium) 等元素；查其性質，正和門氏所預測的相符。

一八九一到一八九五年的五年間，由英國化學大家拉姆塞 (Sir William Ramsay) 氏和特拉弗斯 (Travers) 氏的努力，接踵發現了六種希罕氣體 (rare gases)，連同別種發現，共有元素九〇種。

茲將各種元素分類開列於下，並附發現人、發現年代和發表報告所在之文獻；至元素[illegible]

字爲原子序(atomic numbers):

(1)氫(Hydrogen) H=1.008,非金屬;英國加萬粒粟(Cavendish)氏於一七六六年認其爲一種獨立物質,名曰「可燃空氣」(inflammable air),見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1766, p. 111.

法國拉瓦錫(Lavoisier)氏嗣後於一七八七年,證明其爲一種元素,並定名曰hydrogène.

【0屬希罕氣體】

(2)氦(Helium) He=4,非金屬;初由羅克貝(Lockyer)和佛郎克蘭(Frankland)二氏所承認,繼由詹孫(Jansen)氏證明其存在太陽的大氣(Sun's atmosphere)中。一八九五年由拉姆塞(Ramsay)氏從克瑯甫石(cleveite)中取得。見

〔文獻〕*Journal of Chemical Society*, No. 67, p. 1107.

(3)氖(Neon) Ne=20.2,非金屬;一九〇一年英國拉姆塞氏和特拉弗斯(Travers)氏共同發現於大氣之中,見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 197A, p. 47.

（18）氬(Argon)，A=39.3，非金屬；一八九四年由累利 (Reyleigh) 氏和拉姆塞氏共同在大氣中發見，見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1895, A. **2**. p. 187.

（36）氪(Krypton)，Kr=82.9，非金屬；由拉姆塞和特拉弗斯二氏共同發現於大氣中。

〔文獻〕見上。

（54）氙(Xenon)，Xe=130.2，非金屬；拉姆塞和特拉弗斯二氏在大氣中共同發現。

〔文獻〕見前。

（86）氡或鐳射氣 (Radon, Niton, emanation), Rn, Nt 或 Em=222，非金屬；一九〇三年拉式福德 (Rutherford) 和索提(Soddy)二氏承認牠是由鐳中所放出之射氣，屬於「惰氣」(inert gases)的一種物質。隨後由拉姆塞和格雷 (Gray) 二氏測出牠的原子量。見

〔文獻〕*Proceedings of Royal Society of London*, A. **84**. p. 536(1911).

【I 屬(Group I)】

(3) 鋰(Lithium)，Li＝7，金屬；一八一七年阿爾費特孫(Johann Arvedson)氏由名叫petalite的鑛物中發現，見

〔文獻〕*Schweigger's Journal für Chimie und Physik*, Vol. 22, p. 93.

金屬鋰是由本生(Bunsen)氏和馬諦孫(Mathiessen)氏在一八五五年最初取得的，見

〔文獻〕*Justus Liebig's Annalen der Chemie*, Vol. 94. p. 107(1855).

(11) 鈉(Sodium)，Na＝23，金屬；氫化鈉和碳酸鈉等鈉鹽發現極早，金屬鈉是在一八〇七年由大衛(Davy)氏所取得的。見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1808, p. 1.

(19) 鉀(Potassium)，K＝39.1，金屬；碳酸鉀、酒石酸和硝酸鉀等鉀鹽發現極早，金屬鉀由大衛氏於一八〇七年電解而得，見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1808, p. 1.

（37）銣（Rubidium），Rb=85.4，金屬；銣的顯類是由本生氏於一八六〇——一八六一年間在杜克海姆（Dürkheim）的礦泉裏和在紅雲母石（lepidolite）裏發現的。見

〔文獻〕*Poggendorff's Annalen der Physik und Chimie*, Vol. 110, p. 107.

（55）銫（Cæsium）Cs=132.8，金屬；本生氏在發現銣時同時發現此物。

（87）尚未發現，惟推知是一種鹼金屬。

（29）銅（Copper），Cu=63.5，金屬；在史前時代發現。

（47）銀（Silver），Ag=107.9，金屬；在史前時代發現。

（79）金（Gold），Au=197，金屬；在史前時代發現。

【II屬（Group II）】

（4）鈹（Beryllium），Be=9，金屬；此物亦稱Glucinum，其符號作G，一七九八年由富古倫（Vauquelin）氏在柏利爾（Beryl）地方發現鈹的氧化物，見

〔文獻〕*Annales de Chimie*，I, Vol. 26, p. 155.

(12) 鎂 (Magnesium), Mg=24.3, 金屬；普通所用之硫酸鎂瀉鹽(sulfate Epsom salt)是格魯 (Nehemiah Grew) 氏在一六九五年發現的。金屬鎂最初由大衛氏析出。

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*, 1812.

(20) 鈣 (Calcium) Ca=40, 金屬；白堊、石灰石和大理石中均含有碳酸鈣。鈣之氧化物如石灰，人類發現很早。金屬鈣由大衛氏取出，時當一八〇八年。

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*, 1812.

(38) 鍶 (Strontium), Sr=87.6 金屬；其碳酸物最初由荷普 (Thomas Hope) 氏在羅荷·松納特(Lorch Sunart)地方的斯窗地岩村 (Strontian) 附近所發現的，時當一七九一年。金屬鍶是由大衛氏在一八〇八年所取得的。

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*.

(56) 鋇 (Barium), Ba=137.4, 金屬；含鋇的硫酸重晶石(heavy spar)，十七世紀即已發現。徐萊 (Scheele) 氏在一七七四年最初承認牠是一種新的土族。一八〇八年由大衛氏取得其

金屬單體。

〔文獻〕

（88）鐳 (Radium), Ra=226, 金屬; 一八九八年法國居禮教授夫婦(M. and Mme. Curie)由瀝青鑛石 (pitchblende) 中所發現,見

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* (Paris) 127, p. 1215 (1898).

Thesis Translation, Chemical News, Vol. 88, p. 85 (1903).

金屬鐳由居禮夫人和得比爾納 (André Debierne) 氏在一九一〇年所析出,見

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, Vol. 151, p. 523 (1910).

（30）鋅(Zinc), Zn=65.3, 金屬; 碳酸鋅和異極鑛 (calamine) 古代卽已發現,鋅銅共鎔的合金,可製黃銅。金屬鋅大概在一七三五年方纔通行,那時英國的布里斯佗爾(Bristol)開始製

造出售。也有人認爲牠是由巴拉塞爾士(Paracelsus)氏在一五二〇年所發現的。

(48)鎘 (Cadmium), Cd=112.4, 金屬；一八一七年由哥廷根大學教授斯特羅邁厄(Stromeyer)氏所發現，見

〔文獻〕*Schweigger's Journal für Chemie and Physik*, 21, p. 297 (1817).

(80)汞(Mercury), Hg=200.6, 金屬；古代已知。

【III屬——土族元素】

(5)硼(Boron), B=10.8, 非金屬；硼砂和硼酸(sal sedativium)乃天然產品，自古即已知之。硼元素由大衞(Davy)氏最初所析出，並定名曰Boron，時在一八〇七年，見

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*, p. 314.

(13)鋁 (Aluminium), Al=27, 金屬；成爲泥土形狀的硅土(silica)和礬土(alumina), 久已爲習見的物質；且煉金術士已知白礬的用途。大衞氏在一八〇八年最初取得金屬之鋁，惟其量極微。

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*, p. 355.

（21）鈧(Scandium)，Sc=45，金屬；由尼爾係(Lars Nilson)氏在一八七九年所發現，見

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, Paris, No. 88, p. 645.

（31）鎵(Gallium)，Ga=69.7，金屬；一八七五年由布瓦喜德郎(Lecoq de Boisbaudran)氏所發現，見

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, No. 81, pp. 493 and 1100.

（39）釔(Yttrium)，Y=89，金屬；釔之氧化物由加多林(Gadolin)氏發現，時在一七九四年，見

〔文獻〕*Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre*, von L. Crell, No. 1, p. 313 (1796).

金屬鈣並初由大衞氏所取得，見

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*, p. 365 (1812 ed.).

（49）銦(Indium)，In＝114.8，金屬；一八六三年由李希特(Richter)氏和賴赫(Reich)氏所發現，見

〔文獻〕*Journal für Praktische Chemie*, No. 89. p. 444.

（57）鑭(Lanthanum)，La＝137，金屬；一八三九年由莫三得爾(Mosander)氏所發現，見

〔文獻〕*Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie*, No. 46, p. 648; No. 47, p. 207.

（58）鈰(Cerium)，Ce＝140，金屬；一八〇三年由克拉普羅茲(Klaproth)氏所發現，同時亦由柏齊利阿斯(Berzelius)及希森該爾(Hisinger)二氏發現。

〔文獻〕*Gehl. Ann.* 1804, 2. 203.

（59）鐠(Praseodymium)，Pr＝141，金屬；一八八五年由威爾巴哈(Auer von Welsbach)氏所發現。

〔文獻〕*Sitzungsberichte der K. Akademie zu Wien*, 92, **2**, p. 317

（60）釹 (Neodymium), Nd=144, 金屬由威爾巴哈氏於一八八五年所發現。

〔文獻〕同上。

（61）鉯 (Illinium), Il=61, 亦名 Florentium, 一九二五年。

〔文獻〕*Journ. Franklin Inst.*, **204**, 1.

（62）釤 (Samarium), Sm=150.4, 金屬布瓦普德郎 (Lecoq de Boisbaudran) 氏於一八七九年所發現，見

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, Vol. 88, p. 322; Vol. 89, p. 521.

（63）銪 (Europium), Eu=152, 金屬一九〇〇年由得馬爾賽 (Demarçay) 氏所發現。

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, No. 130, p. 1019; No. 132, 1484.

（64）釓（Gadolinium），Gd=157，金屬；一八八六年由布瓦苔德郎（de Boisbaudran）氏所發現。

〔文獻〕*Chemical News*, No. 83, p. 217.

（65）鋱（Terbium），Tb=159，金屬；一八四三年由莫三得爾（Mosander）氏所發現。

〔文獻〕*Philosophical Magazine*, Vol. 23, p. 241.

（66）鏑（Dysprosium），Dy=162.5，金屬；一八八六年由布瓦苔德郎氏所發現。

〔文獻〕*Chemical News*, No. 53, p. 265.

（67）鈥（Holmium），Ho=163.5，金屬；一八七九年由克利夫（Por T. Cleve）氏所發現。

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 1879, p. 708.

（68）鉺（Erbium），Er=167.7，金屬；一八四三年由莫三得爾（Mosander）氏所發現。

〔文獻〕*Philosophical Magazine*, **23**, 241.

（69）銩(Thulium)，Tu=169.4，金屬；由克利夫(Clove)氏在一八七九年所發見。

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciencces*, No. 47,

pp. 478 and 708.

（70）鐿(Ytterbium)，Yb=173.6，金屬；一八七八年由馬利納克(Marignac)氏所發現。

〔文獻〕同上，No. 87, p. 578.

（71）鑥(Luteeium)，Lu=175，金屬；一九〇七年由烏班(Georges Urbain)氏所發現。

〔文獻〕同上，No. 145, p 759.

（81）鉈(Thallium)，Tl=204.4，金屬；一八六一年由克盧克斯(Crookes)氏所發現。

〔文獻〕*Chemical News*, No. 3, p. 193.

（89）錒(Actinium)，Ac=226，金屬；一八九九年由特比爾納(Dobierno)氏所發現。

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, No.

120, p. 593 (1899).

【IV屬 (Group IV)】

(6)碳(Carbon) C=12，非金屬；金剛石、石墨和木炭裏都含炭素，自古即知。牠的單體初由法國拉瓦錫氏所證明。

(14)矽 (Silicon)，Si=28，非金屬；矽之氧化物久已知之，石英、泥土和瑪瑙皆含矽之成分；其單體最初由大衞氏所取得。

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*, p. 362.

(22)鈦(Titanium)，Ti=47.9，金屬；鈦的氧化物在一七八一年最初由格列高(Gregor)氏所發現，見

〔文獻〕Crell's *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre*, 1791.

金屬鈦最初由富古侖 (Vauquelin)及黑西特(Hecht)二氏所取得。

(32)鍺 (Germanium)，Ge=72.6，金屬；文克爾 (A. Winkler) 氏在一八八六年所發現，

〔文獻〕*Journal für Praktische Chemie*, No. 36, p. 177.

（40）鋯(Zirconium)，Zr＝91.2，金屬；鋯的氧化物最初由克拉普羅茲(Klaproth)所發現，約當一七八九年，見

〔文獻〕Crell's *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre*, No. 1.

金屬鋯在一八二四年由柏齊力阿斯(Berzelius)氏所取得。

（50）錫(Tin)，Sn＝118.7，古代卽已發現的金屬。

（72）鉿(Hafnium)，Hf＝180.8，金屬；一九二四年由科斯特(Coster)氏和黑胇西(Hevesy)氏所發現，見

〔文獻〕*Nature*, 1924, 111.

科黑二氏所發現之鉿，或與烏班(Urbain)氏及道惟里爾(Dauvillier)氏所發現之 celtium 相同。

（82）鉛(Lead)，Pb＝207，金屬；自古卽已發現。

（90）釷(Thorium)，Th＝232，金屬；一八二八年由瑞典柏齊力阿斯(Berzelius)氏所

發現。

〔文獻〕Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, No. 16, p. 339.

【V屬(Group V)】

（7）氮(Nitrogen)，N＝14，非金屬；一七七二年由拉式福德(Rutherford)氏最初發現於大氣之中；徐萊(Scheele)氏發現於氮中；又加萬粒栗(Cavendish)氏在硝酸中發現牠。拉瓦錫氏最初承認牠是一種單體的物質，並命名曰Azote；後來在一七九〇年左右法人察普塔(Chaptal)氏以其與硝石(nitre)有關，因定名曰nitrogen 德國化學家以牠窒礙呼吸，故稱Stickstoff。

（15）磷(Phosphorus)，P＝31，非金屬；一六六九年由煉金術士布朗特(Brand)氏所發現；以後波義耳(Boyle)氏和孔柯爾(Kunckel)氏皆又發現牠。

（23）釩(Vanadium)，V＝51，金屬；釩的氧化物最初在一八〇一年由得爾·利俄(Del Rio)氏所發現。金屬釩是羅斯科(Henry Roscoe)氏在一八六七年所取得的。

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1868, 6.

（33）砷（Arsenic），As=75，非金屬；砷的化合物發現很早，牠的元素是由鍊金術士所發現的。

（41）鈳（Columbium），Cb=93.1，金屬；鈳的氧化物最初由哈舍特（Hatchett）氏所發現，時當一八〇一年，見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the R. S. of London*, 1802, 49.

金屬鈳是英國化學家大衛氏所析出的，見

〔文獻〕Davy: *Chemical Philosophy*, p. 432 (1812).

鈳亦稱曰 Niobium，這個名字是羅斯（Rose）氏在一八四四年所定的，見

〔文獻〕Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, No. 63, p. 307; No. 69, p. 118.

（51）銻（Antimony），Sb=121.8，金屬；十六世紀（約在一四五〇年）中由發勝恩（Basil Valentine）氏所發現，見

〔文獻〕Valentine著 *Currus Triomphalis Antimonii.*

（73）鉭(Tantalum)，Ta=181.5，金屬；一八〇二年由挨刻柏格(Ekeberg)氏所發現，

〔文獻〕*Annales de Chimie*, No. 43, p. 276.

（83）鉍(Bismuth)，Bi=209，金屬；阿基柯拉(Georg Agricola)氏曾於一五五〇年述及鉍鑛的情況。

（91）？(Protactinium)，Pa=230(?)，金屬；一九一七年由罕(Hahn)氏和邁特納爾(Meitner)氏所發現，見

〔文獻〕*Physikalische Zeitschrift*, (1918) No. 19, p. 208.

美國支加哥大學化學教授格羅塞(Aristid V. Grosse)氏曾在一九三四年取得 protactinium oxide 0.1 gr.，證明爲一種放射性元素。

〔文獻〕*Jour. Amer. Chem. Soc.*, 56, 2200 (1934);

又 *Science*, Vol. 80, No. 2084, pp. 512-516 (1934).

索提(Soddy)氏和克朗斯吞(Cranston)氏命名曰 Ekstantalum，見

〔文獻〕*Proceedings of Royal Society of London*, 1918, 384

【VI屬(Group VI)】

(8)氧(Oxygen)，O＝16，非金屬；一七七四年首由普利斯特利(Priestley)氏所察覺；拉瓦錫氏證明牠是一種單體物質，並定名曰 oxygen。

(16)硫(Sulphur)，S＝32，非金屬；遠古卽已發現。

(24)鉻(Chromium)，Cr＝52，金屬；一七九七年由富古令(Vauquelin)氏和克拉普羅茲(Klaproth)氏各自獨立發現。

〔文獻〕*Beitr*. **2**, 274.

(34)硒(Selenium)，Se＝79，非金屬；一八一七年由柏齊力阿斯(Berzelius)氏所發現，見

〔文獻〕Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, No. 7, p. 242; No. 8, p. 423.

(42)鉬(Molybdenum)，Mo＝96，金屬；鉬之氧化物在一七七八年由徐萊(Scheele)氏

所發現；鉬的金屬單體最初由挨爾木（Hielm）氏於一七八二年所取得。

（52）碲（Tellurium），Te=127.5，非金屬；一七九八年由克拉普羅茲（Klaproth）氏所發現。

〔文獻〕Gilbert's *Annalen der Physik*, No. 12, p. 246.

（74）鎢（Tungsten），W=184，金屬；一七八三年由得爾胡頁(G'Elhuyer)氏所發現。

（84）釙（Polonium），Po=210，金屬；一八九八年由波蘭國（Poland）出生的居禮夫人(Mme. Curie)所發現，定名爲 Polanium 以紀念其祖國。

〔文獻〕*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, No. 127, pp. 175 and 1215.

（92）鈾（Uranium），U=238，金屬；一七九八年由克拉普羅茲(Klaproth)氏所發現，見

〔文獻〕*Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre von Crelle*, No. 2, p. 387.

【VII 屬(Group VII)】

（9）氟 (Fluorin), F=19, 非金屬；含氟的鑛石（如螢石 CaF_2）知之頗早；氟元素最初由麻桑 (Moissan) 氏所取得，時在一八九二年。

〔文獻〕*Ann. Ch.* (6)24, p. 225.

（17）氯(Chlorine), Cl=35.5, 非金屬；由徐萊氏所發現，時當一七七四年，見

〔文獻〕*Opuscula Physica et Chemica*, Vol. I, p. 247.

（25）錳 (Manganese) Mn=55, 金屬，在一七七〇——一七七五年間由開木 (Kaim) 氏和甘 (Gahn) 氏所發現。

〔文獻〕*Bergman Opuscula Physica et Chemica*, Vol. II, p. 201.

（35）溴 (Bromine) Br=79.9, 非金屬；一八二六年由巴拉 (Balard) 氏所發現，見

〔文獻〕*Ann. Ch.* (2) Vol. 32, p. 331

（43）鎷 (Masurium) Ma=?; 最近在鉑鑛中所發現之新元素，化學性質不明。

〔文獻〕*Chemical News*, 一九二六年一三三中 W J. Noddack 氏的論文；

徐　萊

Karl W. Scheele, 1742-1786.

又*Journal of Chemical Society-Abstracts*，一九二五年之十月號。

(53)碘(Iodine)，I=126.9，非金屬；一八一一年由庫爾特瓦(Courtois)、克雷門特(Clement)和得索爾梅思(Desormes)三氏所發見。

〔文獻〕*ann. Ch.*, Vol. 88, p. 304

(75)錸(Rhenium)，Re=186.3.

〔文獻〕*Journal of Chemical Society*, 1925, Abstracts Vol. 2, p. 939;

又W. J. Noddack *Chemical News* (1926), 133.

(85)尚未發現，大概是一種金屬元素，隸屬鹵族。

【VIII屬(Group VIII)】

(26)鐵(Iron)，Fe=55.8，金屬；古代已知。

(27)鈷(Cobalt)，Co=58.9，金屬；一七三三年由布朗特·佐治(Georg Brandt)氏所發現。

(28)鎳(Nickel)，Ni=58.7，金屬；一七五一年由克隆斯塔特(Axel F. Cronstedt)氏所

發現。

（44）釕(Ruthenium)，Ru＝101.7，金屬；一八二八年由歐思桑(Osann)氏所發現。見

〔文獻〕Poggendorff's *annalen der Physik und Chemie*, 14, p. 329.

（45）銠(Rhodium)，Rh＝102.9，金屬；一八〇四年最初由武拉斯吞（Wollaston）氏所發現，見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1804, A. 419.

（46）鈀(Palladium)，Pd＝106.9，金屬；一八〇三年由武拉斯吞氏所發現，見

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1804, p. 428.

（76）鋨(Osmium)，Os＝190.8，金屬；一八〇四年由英國劍橋大學教授泰南特(Smithson Tennant）氏所發現。

〔文獻〕*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1804, p. 411.

（77）銥(Iridium)，Ir＝193.1，金屬；一八〇三年由泰南特(Tennant)氏和提考堵爾斯

（Decontils）所發現。

（78）鉑（Platinum），pt＝195.2，金屬；此種元素或係十六世紀斯卡力澤（J. C. Scaliger）氏所謂之「不可熔化的白色金屬」。在化學史上第一位記述鉑的學者為布勞利格（William Brownrigg）氏。

〔文獻〕*Philosophical Transactions of R. S. London*, No. 46, p. 585, 1750.

第八章　分子構造學說史

有機物質如醇、醋酸、糖澱粉、肥皂、齊墩果油（olive oil）、豆油和鞣質（tannin）等等，在歷史上發現很早；其中有的用作食品，有的用做藥物，有的用為製造別種物品的原料。醚是科爾竇斯（Valerius Cordus, 1515-1544）氏在十六世紀用醇製成的。安息香酸（(benzoic acid)苯甲酸）是用安息香（gumbenzoin）加熱而製成，又琥珀酸（succinic acid）是乾餾琥珀製成的。草酸、甘油、乳酸（lactic acid）、酒石酸、蘋果酸（malic acid）、黏液酸（mucic acid）、沒食子酸（gallic acid）、檸檬酸（citric acid）和焦性沒食子酸（pyrogallic acid）統由瑞典一位窮困化學家徐萊（Scheele）氏發現的。不過當時的化學家尙沒有「有機化學」的知識，他們雖是把這些有機物發現了，但對於牠們的成分完全不知。

自從法國大哲拉瓦錫（Lavoisier）氏在一七八五年證明碳酸之成分為碳與氧，又水的成

分為氫與氧之後，於是他遂運用燃燒法以測定有機物質的組成（composition）。有機化學即從此產生。拉氏的燃燒法既在化學史上佔了如此重要的地位，我們為欲供給讀者一個確實的史料起見，茲舉醇為例，以敍述拉氏發明這種方法以前各位學者對於牠的性質的意見。十三世紀的律利（Lully）氏認醇為植物性的汞質（vegetable mercury）；發楞恩（Valentine）氏認牠是植物性的硫質（vegetable sulphur）；司太爾（Stahl）氏認為牠是由稀薄的酸（subtle acid）和油水三種物質的化合體；十八世紀荷蘭的卜海夫（H. Boerhaave）氏以為牠是一種元素；最後在一七八二年，大化學家徐萊氏還倡言牠是由水和油兩種成分，借燃燒素的作用而化合成功的液體。試想這些解釋多麼玄虛！三年之後，拉瓦錫氏應用他的燃燒法，證明醇的成分為碳、氫、氧三元素，並獲得定量分析的結果。

拉氏分析有機物質的方法，是將定量的物質放在定量的養氣中燃燒，用定量的苛性鉀溶液以吸收燃燒時所生的二氧化碳氣，由此而計算物質中所含的氫量和碳量。（註一）拉氏對於不易燃燒的物質所採用的分析方法，是將物質和一氧化汞，或二氧化鉛等氧化劑混合而燃燒之，用苛

性鉀溶液吸收其所生的二氧化碳氣，以測量所含的成分。(註一) 他根據各種實驗的結果，證明有機成分也是不生不滅的，因此物質不滅論(conservation of matter)的基礎更爲穩固。例如，他在用糖發酵製酒時，有二氧化碳氣放出；他測得所用的糖量，正等於酒和CO_2的重量，因此他創立這樣一條化學方程式.

糖＝酒＋二氧化碳。

拉瓦錫氏更根據以上的分析，創立複基學說(theory of compound radicals)。他以爲礦物是由單基或元素化合而成的，或稱爲單基之氧化物；動植物質是由複基或複基的氧化物而成的。複基是由碳氫或其他元素合成，並非單獨的元素。比說硝酸、磷酸、碳酸和硫酸等礦物酸，乃是氮、磷、碳和硫等單基(simple radical)的氧化物；而有機酸乃是複基的氧化物，由碳、氫二元素而造成的。自從化學上有了原子學說和元素符號之後，有機物質也有了式子(formula)。歷史上第一次寫有機物質的式子的人是道爾頓(Dalton)，他用 ⊙●⊙ 代沼氣，用 ⊙● 代乙烯——若用現在的符號爲 CH_4 和 CH。

此後該·律薩克 (Gay-Lussac) 氏改進拉氏的燃燒法，他用一氧化銅以代替氧化汞和二氧化鉛，從此有機分析更為世人所重視。

這裏有一點要特別注意的，就是當時有兩種不同的原子量：其一即 H=1，C=12，O=16；另一系 H=1，C=6，O=8。還有要注意的一點，即有機化合物的基(radical)多是從酸類而來的；並且他們所指的酸，除鹵酸之外，嚴格說來，皆是酸酐。由以上兩系原子量所得之有機式 (organic formulæ)，其中的碳原子皆為偶數；結果除少數的物質外，他們的重量皆比現在公認的多了一倍。根據上列第一系原子量，故醇為 $C_4H_{10}O \cdot H_2O$，醋酸為 $C_4H_6O_3 \cdot H_2O$，蟻酸為 $C_2H_2O_3 \cdot H_2O$；依第二系的原子量，故有醇 $= C_4H_5O \cdot HO$，醋酸 $= C_4H_3O_3 \cdot HO$ 及蟻酸 $= C_2HO_3 \cdot HO$ 等式。至於少數物質之式，如醚為 $C_4H_{10}O$ 今作 $[C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5]$ 及草酸 $C_2O_3 \cdot H_2O$ 今作 $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$，這是和現在相等的。

除以上兩系之外，杜馬 (Jean B. Dumas, 1800–1884) 和羅隆 (Auguste Laurent, 1809–1853) 二氏當初承認 C=6，O=16；又庫柏 (Archibald Couper, 1831–1892) 氏承認 C=12，O

H_8O；尚有其他學者，不一而足。因此醇的式子有 $C_4H_{12}O_2$、$C_4H_6O_2$、$C_8H_{12}O_2$ 和 $C_8H_6O_2$ 等等。這些式子雖各不同，但若就各式符號所代表的重量而論，則每個式子所表示的成分完全無誤。不過他們在製定這些式子的時候，幾乎都沒想到容積的定律，實在是一件憾事。

該·律薩克 (Gay-Lussac) 氏在一八一一年研究徐萊氏所發現之洋靛酸 (prussic acid)，(註二) 而察見其中所含的複基 CN，並命名曰 cyanogen，我國譯為氰基。該氏認為氰基是一種酸性基，牠在複雜化合物中的地位，正如簡單化合物中的元素一樣，並能獨立存在 (C_2H_2)。安培 (Ampère, 1775-1836) 氏以為鹼性基之銨根 (NH_4)，其在銨鹽中的位置正與金屬元素相同。

【基的爭辯】

杜馬氏和部萊 (Boullay) 氏研究醇的衍生物，在一八二五年發覺牠們之中都含有 C_8H_8 的複基在內；因而就發表一個新學說。杜氏原認 C＝6，前已言之，所以他和部氏所說的 C_8H_8，實在是 (C_4H_8)，亦即今日的 C_2H_4。(註三) 他們所分析的有機物，茲依現今通用的原子量表示，舉出四種如下：

醚(ether) ……………………………… $C_4H_8 \cdot H_2O$

醇(alcohol) ……………………………… $C_4H_8 \cdot 2H_2O$

鹽氯化成油氣(aetherin hydrochloride) …… $C_4H_8 \cdot 2HCl$

醋酸醚(acetic ether) ……………………… $C_4H_8 \cdot C_4H_6O_3 \cdot H_2O$

上式中的 C_4H_8，杜部二氏叫牠做 aetherin，意思是「成油氣」。他們認爲醚是成油氣和水的化合物，醇是成油氣和較多之水的化合物，鹽氯化成油氣是成油氣和酸的化合物，又醋酸醚是成油氣和水醋二者的化合物。據他們自己的系統，每種有機物中都有成油氣 (aetherin) 的複基在內，於是相信牠們皆爲成油氣的加成物，遂有成油氣學說 (aetherin theory) 的產生。

一八三三年柏齊力阿斯(Berzelius)氏堅信拉瓦錫氏的學說，認爲凡含氧的物質，不論無機或有機，皆是氧化物；所謂之基，乃指和氧相連的部分。因此他把醇式改成 $(C_2H_5)O$，醚式改爲 $(C_4H_{10})O$；並以成油氣學說 (aetherin theory) 不能表示這點，而摒棄之。柏氏對於醇和醚的基所以不同，予以種種解釋，——其中有一個，是說醇和醚性質之不同，不在所含水分之多寡，而在其組成

的差異。

德國化學家利比喜(Justus Von Liebig)氏在一八三四年發表衣色耳學說(ethyl theory)，他認為醇、醚和酯中所共同含有的不是成油氣，而是衣色耳基(ethyl radical) C_4H_{10}，茲舉利氏之式如下：

醚(ether) ……………………$C_4H_{10}O$

醇(alcohol) ……………………$C_4H_{10}O \cdot H_2O$

氯氫化醚(hydrochloric ether) ……$C_4H_{10}Cl_2$

醋酸醚(acetic ether) ……………$C_4H_{10}O \cdot C_4H_6O_3$

利比喜因反對杜馬的成油氣學說而建立衣色耳基學說，及杜馬看見利氏的學說以後，又尋其弱點，多方攻擊。一八三九年鬰諾 (Henri Regnault) 氏用苛性鉀處理氯化乙烯〔(ethylene chloride)或稱二氯甲烷〕而得「一氯代乙烯」，其方程式如下：

$$\begin{matrix} CH_2 \cdot Cl \\ | \\ CH_2 \cdot Cl \end{matrix} + KOH = \begin{matrix} C \cdot HCl \\ \| \\ CH_2 \end{matrix} + KCl + H_2O,$$

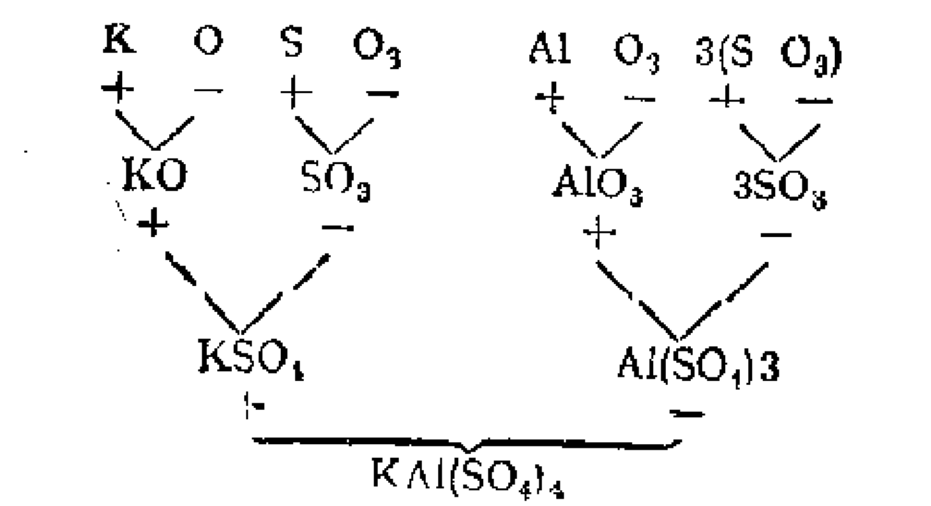
累諾氏把所得的 C_2H_3Cl 寫作 $C_4H_6Cl_2$，而發現其中之氫既不合成油氣基又不合衣色耳基利比喜氏遇見了這件事實，就在一八三九年採取 C_4H_6 爲一個複基而定名曰亞賽提爾基（acetyl radical），（註四）使得他和杜氏的爭辯可以告一結束其實 aetherin 和 ethyl 兩個基一在法國，一在德國，仍繼續被人沿用了許多年。

【柏齊力阿斯氏的兩性學說】

大衞（Davy）氏自從一八〇〇年開始做電的實驗，曾證明電學和化學有密切的關係，有電化學說（electro-chemical theory）的發明。他認爲物質所以有愛力的，是因爲牠們的異電性：正極吸引溶液中帶有負電荷的部分，負極則表示相反的作用。並且化合物的正負兩部分，皆帶有相等的異電，所以在化合時不顯電性，而成中和的狀態。

柏齊力阿斯（Berzelius）氏的電化學的學說，卽認元素的原子自身是帶電的，所以原子的重要性質在於牠們的電極（polarity）；而且每個質點上的兩極，電量彼此差異，因此元素可以分爲正負兩極。正元素在電解時從電池的負極析出，負元素則在正極。

柏氏把自己的電化學說運用到當時盛行的複基學說上面，以說明有機和無機化合物本身上的電性，而創立了兩性學說（dualistic theory），或兩性主義（dualism）。這個學說，是說每種化合物皆由兩個電性相異的部分而合成的，——若電性不異，卽不能起化合作用。茲特舉明礬爲例，以表明柏氏的兩性主義，至式中的元素皆用舊的原子量：



用兩性學說來解釋無機物，幾乎無往不適；至於在有機化學上也是可以應用的。他依據「成鹽學說」來解釋主要有機物之酯類（註五）用醚代鹼，如 $C_4H_{10}O$，又水化鹼（hydrated base）代醇，

如$C_4H_{10}(OH_2O)$，而以醋化鹽類茲舉 ethyl acetate 爲例：

$$\underbrace{\overset{+}{C_4H_6}\quad\overset{-}{O_6}}_{-}\qquad\underbrace{\overset{+}{C_4H_{10}}\cdot\overset{-}{O}}_{+}$$

利比喜和沸勒(Wöhler)二氏一八三二年曾在化學年報上發表一篇論文，名曰論安息香酸的基，（註六）報告他們所發現的安息香酸基(benzoyl)。他們所寫的安息香酸基爲$C_{14}H_{10}O_2$，實際爲C_7H_5O，故知多了一倍。他們證明苦杏仁油是安息香酸基和氫的化合物，安息香酸是這種基和氧的化合物，氯化苯甲醯是這種基和氯的化合物，以及其他種種衍生物，爲數頗多；茲舉數種如下：

苦杏仁油(bitter almond oil) ……………… $C_{14}H_{10}O_2 \cdot H_2$

苯甲酸（或安息香酸）(benzoic acid) ……… $C_{14}H_{10}O_2 \cdot H_2O$

氯化苯甲醯(benzoyl chloride) ……………… $C_{14}H_{10}O_2 \cdot Cl_2$

安息香酸胺(benzamide) ……………………… $C_{14}H_{10}O_2 \cdot N_2H_4$

安息香酸醚（註七）(benzoic ether) ……… $C_{14}H_{10}O_2 \cdot C_4H_{10}O$

柏齊力阿斯氏對於這件發現十分重視，並倡議用Proin或Orthrin一字以名安息香酸基，這兩個字同有「黎明」的意思。他認為這個基的發現，可以衝破有機化學的黑暗，而引導牠走上光明的大路。

到了這時，兩性學說和複基學說可算達到「相得益彰」的地步；及利比瞎和弗勒二人的研究和結論發

杜馬 (Jean B. Dumas, 1800-1884.)

表以後，在化學界上頓起了兩個爭辯不休的問題。一個是帶負電的氧能進到帶正電的燈基之中，一個是帶負電的氯可以代替帶正電的氫而進到化合物之中。

【氯的代替定律】

氯的代替事實(chlorine substitutions)是由杜馬(Dumas)氏最初說明的，並根據這種事實發明三個實驗的代替定律(Empirical Law of Substitutions)。和夫曼(Hoffmann)氏曾說過他發明經過的故事，茲節譯如下：

當法王查理第十在位時，有一次在推勒里(Tuilleries)舉行夜宴(soirée)，與會的盡是皇家貴賓，至不消說。他們在銀燭輝煌的光下，痛飲美酒，煞是熱鬧。不料大廳之中忽然起了一陣臭氣，弄得大家接踵掩鼻而散。這股臭氣原來是從蠟燭中放出的。不過蠟燭爲何會放氣，所放的是什麼氣：這些問題非請教杜馬氏不得解釋。隨後經過杜馬的一番研究，他證明燭中所放的是鹽酸氣；牠的由來，是因爲蠟燭曾用綠氣漂白過，在漂白時氯便與燭中的氫起化學作用，所以燃時有鹽酸氣放出。杜氏又試驗氯和溴對於松節油的反應，遂證實氯可代氫的事

實。

杜馬氏進而研究這個問題，後來在一八三四年發明了三條實驗的代替定律，即：

（1）含氫的化合物若是受氯、溴、碘或氧的「減氫」作用，則化合物每失去氫一原子，必吸收氯、碘或溴一原子，或氧半原子。

（2）如含氫的化合物，同時也含氧，則其所發生的作用，可以完全適合前述的規則。

（3）如含氫化合物兼含有水，當失去水中的氫時，並不起代替作用；倘再有氫失去，方有前述的代替作用發生。

以上第（1）及第（2）不必說明，惟第（3）須加解釋。杜氏認為（a）醇經氯化後成氯醛(chloral)，（b）醇經氧化後為醋酸；以下我們採用他的式子，照他的意思，將（1）與（2）各分三步驟表示如下：

（1） a. 　$(C_8H_8+H_4O_2)=C_8H_8O_2+4H$

醇

β.　$C_8H_8O_2+16Cl=C_8H_2Cl_6O_2+6HCl$
　　　　氯醛(chloral)

+ γ.　$4Cl+4H=4HCl$

$(C_8H_8+H_4O_2)=C_8H_2Cl_6O_2+10HCl.$
　醇　　　　氯醛

（2）　α.　$(C_8H_8+H_4O_2)=C_8H_8O_2+4H$

β.　$C_8H_8O_2+2O=(C_8H_4O_2+H_4O_2)$
　　　　醋酸

+ γ.　$4H+2O=H_4O_2$

$(C_8H_8+H_4O_2)+2O=(C_8H_4O_2+H_4O_2)+H_4O_2.$
　醇　　　　醋酸

當時試驗氯之代替反應的，尚有累諾(Regnault)和馬拉古地(Malaguti)諸氏。累諾用乙烷與氯作用，曾製出 C_2H_5Cl、$C_2H_4Cl_2$、$C_2H_3Cl_3$、$C_2H_4Cl_2$ 及 C_2Cl_6 等衍生物；又由甲烷製得 CH_3Cl、

CH_2Cl_2, $CHCl_3$ 及 CCl_4 等等。但在理論上最能引人入勝的代替反應，要算醚、酸和酯（compound ethers）的衍生物。最初製成這類衍生物的是馬拉古地氏。馬氏對於弗勒和利比喜所發現的「安息香酸基」$C_4H_{10}O_2$，起初雖不承認，可是後來他把氯化安息香酸（氯化苯甲醯）$C_{14}H_{10}O_2Cl_2$的式子乘以3，而寫成$2C_{14}H_{10}O_3+C_{14}H_{10}Cl_6$；覺得這基與「兩性學說」還可講通，他的態度就頓然改變了。此外他又把四氯醚(tetrachlor ether) $C_4H_6Cl_4O$ 的式子，乘以3，而寫做$C_4H_6O_3+2C_4H_6Cl_6$；又把氯化醋酸醚 $C_4H_6O_3C_4H_6Cl_4O$ 的式子，乘以$1\frac{1}{2}$，而成 $2C_4H_6O_3+C_4H_6Cl_6$ ——以外還有乘以6或 12 的。總之，無論用什麼數目乘，他的意思都不外使得他的式子可以適合兩性學說的條件。這個報告是在一八三九年發表的。(註八)

同年，杜馬氏用氯代換醋酸中的氫原子時，發現其中除酸性氫原子外，皆可被氯所置換：

醋　　酸	氯　代　醋　酸
(acetic acid)	(chloracetic acid)
$C_4H_6O_3H_2O$	$C_4Cl_6O_3H_2O$

因而認爲這兩式完全相似。不過柏齊力阿斯(Berzelius)氏卻以爲氯代醋酸應書作$C_2Cl_6 \cdot C_2O_3 \cdot H_2O$，醋酸的式子可以照舊。及梅爾生斯(Melsens)氏在一八四二年證明用初生態之氫(nascent H)，可將氯化醋酸變爲原來的醋酸時，柏氏遂將醋酸之式由$C_4H_6O_3H_2O$改作$C_2H_6 \cdot C_2O_3 \cdot H_2O$，而稱曰「甲基連屬組化合之草酸」(methyl copulate oxalic acid)。這式中C_2H_6柏氏名爲「連屬組」(copula)，而$C_2O_3 \cdot H_2O$又適與草酸(CO_2HCO_2H)的成分相等，所以他就認爲醋酸是由草酸合成的。並且醋酸的代替作用，柏氏認爲發生於連屬組C_2H_6之內。柏氏這樣解釋代替作用，根本違背兩性學說的理論；所以我們可以說兩性學說是從柏氏宣判死刑的。

【核心學說】

兩性學說的勁敵羅隆(Augusto Laurent, 1807–53)氏，法國人，曾在一八三五年提出核心學說(nucleus theory)。這種學說可認爲杜、都二氏複基學說的推廣，因爲羅氏承認氧、氯等原子均能代入到「基」裏。總之，羅氏是擁護複基的，不過他認爲由某數個原子結合而成的每一種有機物，就中必有一個核心(nucleus)。從這種核心，再由加成法(addition)或代替法而製成各種

衍生物。羅氏又把核心分為兩類，即基本核心(fundamental nuclei)，如 $C_{10}H_8$ 或 C_4H_8；和衍生核心 (derived nuclei)，如 $C_{10}H_7Cl$ 或 $C_{10}H_6Cl_2$ 等等。這時他承認碳的原子最為 6，請看下式：

C_8H_8	基
$C_8H_8\ H_2O$	醚
$C_8H_8\ 2H_2O$	醇
$C_8H_6O\ H_2O$	醛
$C_8H_6O\ O_2$	醋酸
$C_8H_6Cl_2\ H_2Cl_2$	氯化乙烯
$C_8Cl_8\ Cl_4$	Carbon sesqui chloride.

【杜馬氏的狀式學說——舊狀式說】

杜馬(Dumas)氏在發現「代替」的事實以後，接着製出許多種新的衍生物；都是用氯、溴等原子以代替有機物中的氫原子的。因為氫帶正電，而氯溴等帶負電，完全和兩性學說相反，所以杜

氏便攻擊兩性說，甚而把複基學說也拋棄了。

杜氏把由代替作用所得的衍生物，分爲兩種狀式（type），其中有相似的化學性質的，名曰「化學狀式」(chemical type)；化學性質不相似的，叫做「機械狀式」(mechanical type)。請看下例：

化學狀式

醋酸……………………$C_4H_2H_6O_4$ }
氯代醋酸(chloracetic acid)……$C_4H_2Cl_6O_4$ }

沼氣……………………$C_2H_2H_6$ }
三氯甲烷(chloroform)……$C_2H_2Cl_6$ }
三溴甲烷(bromoform)……$C_2H_2Br_6$ }

醛(aldehydo)……………$C_4H_2H_6O_2$ }
氯醛(chloral)……………$C_4H_2Cl_6O_2$ }

機械狀式

醋酸……$C_4H_6H_2O_4$ }
醇……$C_4H_6H_6O_2$ }
沼氣……$C_2H_2H_6$ }
蟻酸(formic acid)……$C_2H_2O_3$ }

杜馬氏將有機物中成分類似的化合物，各別爲組，定名「狀式學說」(type theory)，科學史家因爲後日又有該爾哈特(Gerhardt)氏的新狀式說發表，故通稱杜氏說曰「舊狀式學說」(old type theory)。杜氏所發表的狀式意見如下：

「有機化學中一切化合物皆有一定的狀式(type)；牠們當中的氫，雖被等容積的氯、溴或碘所代替，但原來的狀式不變。再說醋酸、醛、醚和烯（成油氣）等物，當其失去氫原子而生成的氯代醋酸、氯醛、氯醚和氯化烯(chloro-olefiant gas)，也皆和原來的物質，屬於同一狀式。」

由代替法所得的衍生物日漸增多，因此一般學者當初頗歡迎杜氏的學說。只是這學說的範

團太大牠不但認爲氫可代替，即狀式裏的氯、溴、碘、氧，甚至碳的本身也都可代替，總之狀式不會改變。這樣解釋下去，便把狀式變成一個荒誕無稽的謬說！

杜氏學說後來既荒唐如此，有識者羣起攻擊，造成化學界一個大論戰。弗勒（Wöhler）氏在一八四〇年著了一篇幽默戲謔的批評，化名 S. C. H. Windler，發表於利比喜的化學年報。(註九) 弗氏的大意，是說有一種醋酸錳 (l'acetate de manganese) 的化合物，牠的狀式 $MnO \cdot C_4H_6O_3$ 裏的元素，依杜氏學說，逐步都被氯代替——先代替了氫，其次氧，再次是碳，最末把錳也代替而去；祇因狀式不變，所以 $MnO \cdot C_4H_6O_3$ 變成了 $Cl_2Cl_2Cl_8Cl_6Cl_6$，這個杜氏的氯分子，若就其蒸氣密度而論，將含有二四個氯原子，豈非笑話？茲錄弗氏原文一節如次，以示眞相：

"Voila donc la substitution la plus parfaite de tous les éléments de l'acetate de manganese. La formule derva être exprimée par Cl_2 Cl_2 Cl_8 Cl_6 Cl_6 Aq. Quoi que je sache que dans l'action décolorante du chlore il y a replácement de l'hydrogéne par le chlore et que les étoffes, qu'on blanchit maintainant en Angleterre d'après

Les lois de substitution conservent leur types. Je viens d'apprendre qu'il ya déjà dans les magaxins de Londres des étoffes en chlore filé très recherchés dans les hôpitaux."

【氨的狀式】

一八四九年法國浮茲(Charles Adolphe Wurtz)氏由水解甲烷基異氰酸化物(methyl isocyanate)和乙烷基異氰酸而得「甲胺」(methyl amino)和「乙胺」(ethyl amino),(註一〇)並說明氮烴化物的性質,是和氨相似的。

和夫曼(Hofmann)氏在一八五〇年由研究氨之化合物,發現氨中的三個氫原子,皆可被烴基代換,因而創立氨的狀式(ammonia type),其所舉之例如下:

$$N\begin{cases}H\\H\\H\end{cases}\qquad N\begin{cases}CH_3\\H\\H\end{cases}\qquad N\begin{cases}CH_3\\CH_3\\H\end{cases}\qquad N\begin{cases}CH_3\\CH_3\\CH_3\end{cases}$$

【水的狀式】

直到一八五二年，醇的構造式尙未決定。牠是醚和水的化合物呢，還是比醚更簡單的物質呢？換句話說，牠的式子是 $C_4H_{10}O+H_2O$ 呢，還是 C_2H_5OH 呢？仍爲大家所爭執。不過醇中所含的氫，能被金屬鈉或金屬鉀置換去六分之一，而得乙醇鈉，這是當時已發現的事實。

同年英國威廉孫(Alexander Williamson)氏曾用乙醇鈉 $CH_3 \cdot CH_2 \cdot ONa$ 與碘化乙烷(ethyl iodide) 相作用，而合成了醚，因此他相信醇的式子應爲 C_2H_5OH。(註11) 再後甲・乙醚(methyl ethyl ether)的合成法發現了，證明牠的式子爲 $O\begin{cases}C_2H_5\\CH_3\end{cases}$，間接更足爲 C_2H_5OH 式的贊助；倘醇式爲 $C_4H_{10}O+H_2O$，則甲・乙醚應爲甲醚 $(CH_3)_2O$ 和乙醚 $(C_2H_5)_2O$ 的混合體！威廉孫氏根據這種變化，便成立水的狀式(water type)的理論，認爲醇、醚和混醚 (mixed ether) 等化合物均與水式有關，請看下例：

$$O\begin{cases}H\\H\end{cases} \qquad O\begin{cases}C_2H_5\\H\end{cases} \qquad O\begin{cases}C_2H_5\\C_2H_5\end{cases} \qquad O\begin{cases}C_2H_5\\CH_3\end{cases}$$

水　　　乙醇　　　醚　　　混醚

此外威廉孫氏更倡言醋酸的式子，不作 $C_4H_6O_3 \cdot H_2O$，而應爲 $\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\H\end{matrix}\right\}O$ 的簡式，因爲他自己由

混合醋酸化物和戊烷化物(valerate) 所得的是丁・甲酮 $\left.\begin{matrix}CH_3\\C_4H_9\end{matrix}\right\}CO$，而非丙酮 $\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\right\}CO$ 和庚酮 $\left.\begin{matrix}C_4H_9\\C_4H_9\end{matrix}\right\}CO$ 的混合物。水的狀式又能應用到酸和酐的式上，其例如下：

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O \qquad \left.\begin{matrix}C_2H_3O\\H\end{matrix}\right\}O \qquad \left.\begin{matrix}C_2H_3O\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O$$

水　　　醋酸　　　醋酸酐

【新狀式學說】

杜馬氏提出狀式學說十二年之後，該爾哈特(Charles Frédéric Gerhardt)氏又在一八五二年提出一種狀式學說。(註一三)我們爲着層次清楚起見，特加新舊二字以示區別。

舊學說認爲化合物中氫，可以無限制地代替，並且不僅可以用氯、卽別種元素亦可。新學說僅承認化合物的氫，能由單基或複基所代替，所成的狀式也很簡單。他把原有的基和狀式(type)都加以修訂，而另建立一種基與狀式的聯合學說。

該爾哈特的狀式計分水狀式(type eau)、氫狀式(type hydrogéne)、氯化氫狀式(type acchlorhydrique)和氨狀式 (typ ammonique) 四種，玆將其原表附下。由他的這種狀式，我們能

GERHARDT'S TYPE THEORY, 1853.

	Extrémité gauche ou positive.	Termes intérmediaires.	Extrémité droite
水狀式 Type eau $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ …	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O$ alcool $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$ éther $\left.\begin{matrix}C_2H_3\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$ éther éthyl-méthylique	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O$ éther acétique	$\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\H\end{matrix}\right\}O$ acide acétique $\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O$ ac-acétique anhydre $\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\C_7H_5O\end{matrix}\right\}O$ acétate benzoique
氫狀式 Type hydrogène $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ …	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}$ hydrure d'éthyle $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}$ ethyle	$\left.\begin{matrix}CH_3\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}$ acétone	$\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\H\end{matrix}\right\}$ aldéhyde $\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}$ acétyle
鹽化氫狀式 Type ac-chlorhydr. $\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\Cl\end{matrix}\right\}$ éther chlorhydrique		$\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\Cl\end{matrix}\right\}$ chlorure d'acétyle
氨狀式 Type ammoniaque $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N$ éthylamine $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}N$ diéthylamine $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}N$ triethylamine		$\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\H\\H\end{matrix}\right\}N$ acétamide

將有機、無機已發現和未發現的化合物，找出彼此的關係和系統，並且分子中原子的構造，也可以獲得初步的解釋。

【倍數狀式和混合狀式】

狀式學說後來又由威廉孫氏的繼續研究，而成立所謂之倍數狀式說(multiple type theory)，更由刻古來 (Kekulé) 氏的繼續研究而成立混合狀式說(mixed type theory)。

威廉孫氏以為硝酸 $\left.\begin{matrix}NO_2\\H\end{matrix}\right\}O$ 和硝酸鹽 $\left.\begin{matrix}NO_2\\K\end{matrix}\right\}O$ 可以由簡單水狀式引出，但硫酸和硫酸鹽則不能；因此威氏在一八五五年承認一分子硫酸是由代替二分子水中的兩個氫原子所成。他所寫硫酸式的方法如下：

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O \quad \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O, \qquad \left.\begin{matrix}H\\SO_2\\H\end{matrix}\right\} \qquad \text{或} \qquad \left.\begin{matrix}SO_2\\H_2\end{matrix}\right\}O$$

同時他又承認 SO_2 和 CO 等為多價基(poly-valent radical)：

$$\left.\begin{matrix}SO_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_2, \quad \left.\begin{matrix}SO_2\\HK\end{matrix}\right\}O_2, \quad \left.\begin{matrix}SO_2\\K_2\end{matrix}\right\}O_2, \quad \left.\begin{matrix}K_2\\H_3\end{matrix}\right\}O_2. \quad \left.\begin{matrix}K_2\\CO\end{matrix}\right\}O_2.$$

同年俄特令(Odling)氏增補威氏學說，說有機和無機化合物可由「三分子水狀式」(triple water type)引出而舉出以下各構造式：

$\left.\begin{matrix}H_3\\H_3\end{matrix}\right\}O_3,$	$\left.\begin{matrix}PO\\H_3\end{matrix}\right\}O_3,$	$\left.\begin{matrix}Bi\\H_3\end{matrix}\right\}O_3,$	$\left.\begin{matrix}C_6HO_3\\H_3\end{matrix}\right\}O_3,$	$\left.\begin{matrix}Bi\\3NO_2\end{matrix}\right\}O_6.$
水	磷酸	氫氧化鉍	檸檬酸	硝酸鉍

* * * * *

刻古來氏的混合狀式是用來表示以前的所謂之「連屬化合物」(copulate compound)的。他以為有了這種混合狀式，可以免除連屬化合物和普通化合物的區別。例如苯磺酸(benzene sulfonic acid)的式子，應混合氫狀式和水狀式而寫作：

$$\left\{\begin{matrix}H\\H\\\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O\end{matrix}\right. \qquad \left\{\begin{matrix}C_6H_5\\\left.\begin{matrix}SO_2\\H\end{matrix}\right\}O\end{matrix}\right.$$

【基的價數】

在簡單狀式中，一價的基可代替氫一原子；二價和三價的基，可代替倍數狀式和混合狀式中

的氫原子二個和三個。依上列各種狀式中所代替的氫原子之情況而論，於是價(valency)的觀念，便由酸類而推廣到複基的上面了。在簡單化合物中，因為他們承認每個元素即為一個基，所以價的觀念又引申到元素上。俄特令(Odling)氏所用表示價數的方法，是在每個元素和根基上，照牠們置換值(replaceable value)而用「撇」作符號；如低鐵為Fe''，高鐵為Fe'''；多價基亦用同法表示，如SO_2'' 及 PO''' 等等。

（註一）見拉氏全集(Lavoisier *Œuvres*), Vol. II, p. 586.

（註二）淬酸酸乃氫氰酸(HCN)的水溶液。該氏研究報告發表於

（註三）*Ann. de Chim.*, 77, p. 128.

（註四）利比希氏所指的acetyl radical和現今化學上通稱的acetyl radical不同。利氏所指的為 C_4H_6 或 C_2H_3；今日所稱的為乙醯基CH_3CO-，絕不可相混！

（註五）原稱 organic compound ethers 或 compound ethers，即指今日的酯類(esters)。

（註六）見*Ann. Chim.*, 3, p. 249.

（註七）安息香酸醚亦名「安息香酸乙酯」(ethyl benzoate)，其分子式為 $C_6H_5CO_2C_2H_5$，上式為今式之二倍。

（註八）見Liebig's *Ann.*, Vol. 32 (1839).

（註九）見Liebig's *Annalen*, 33, p. 308 (1840).

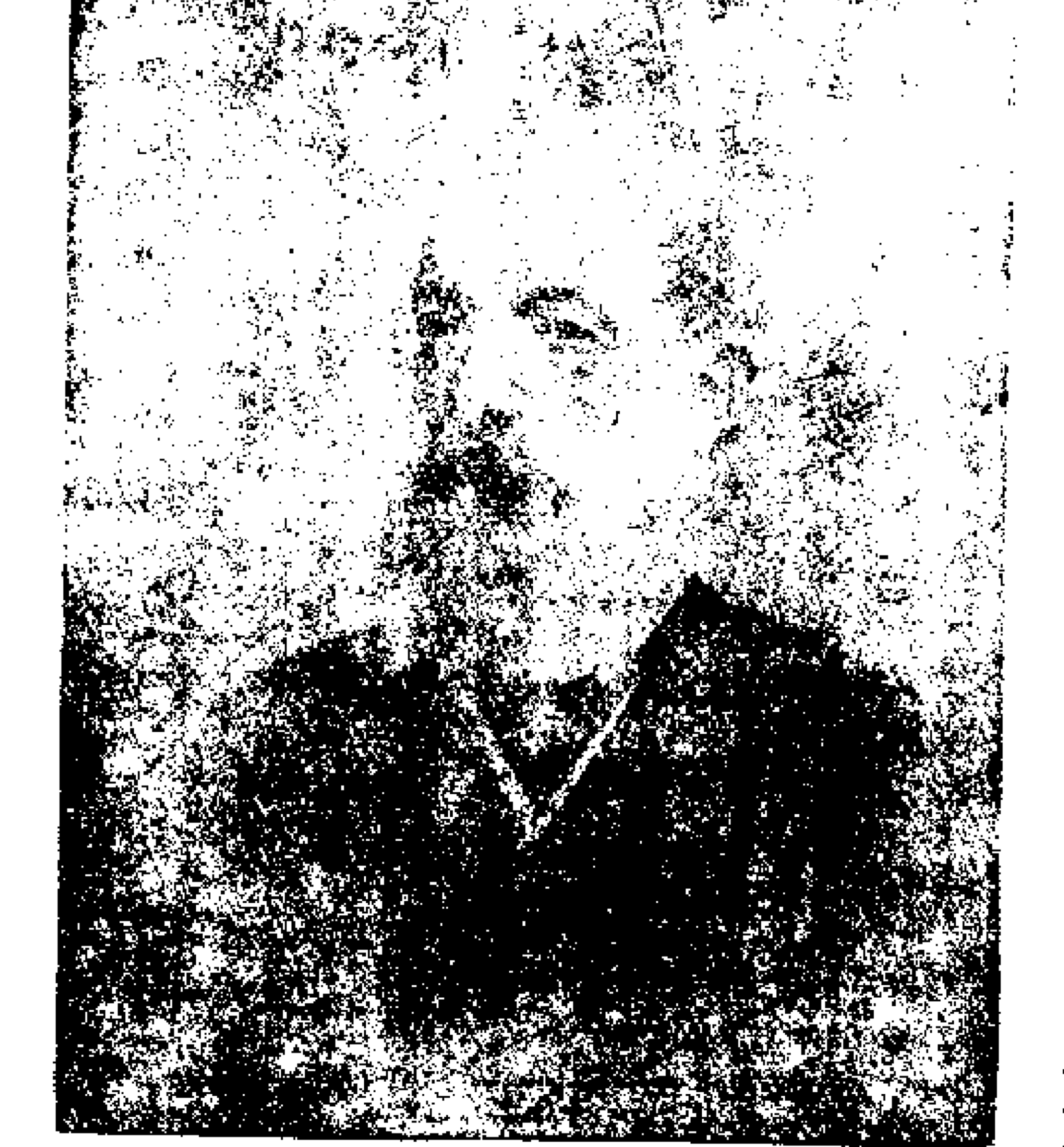
（註一〇）*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Acad. des Sciences*, 28, p. 223.

（註一一）見 *J. C. S.*, 4, pp. 106 and 220 (1852).

（註一二）*Ann. Chem. et Phys.*, 3, Vol. 37. 285 (1853).

第九章 分子中原子連結學說史

分子中原子連結的學說最初由庫柏 (Couper) 和刻古來 (Kekulé) 二氏在一八五八年提出的，他們都是根據價 (valency) 的觀點，而認定碳為四價的元素。庫柏氏用「連結力」(Combining power) (註一) 以代表價，刻古來是用「親和力」(Verwandschaft) 的。(註二) 他們曾舉出 CH_4 和 C_2H_6 為例，加以說明：在 CH_4 中，碳原子顯然為四價，或「四個愛力單位」；但在 C_2H_6 之中，每個碳原子須要互相連結，故與氫原子結連力祇剩三價——因此他們認為在一個分子中，如有兩個以上的碳原子，則每個碳原子將失去價數。除上舉二者外，更如 C_3H_8, C_4H_{10} 等等，無往不然。庫柏氏更主張在每個碳原子間，畫線表示價數，這是比刻古來獨到的見解。惟庫氏最初以 $C_2=12$, $O_2=16$；繼又採用 $C=12$, $O_2=16$，皆和今日通行者不同。茲列庫柏氏數種構造式如下：



剋古來

Prof. August Kekulé

1829-1896.

刻古來氏在另一方面又比庫柏有獨到的地方，他列舉成油屬 (olefines) 和芳香族化合物為例，暗含有雙連結線 (double linking) 的觀念。但雙連結線的具體學說，是在七年後當他說明苯之構造式時而公之於世的。

刻古來又提出一種奇特的化學構造式，通稱刻氏蠟腸化學式 (Kekulé's sausage formulae)，以表示原子的價數，茲舉四例如下：

C ··· O···OH
C ··· O_2
C ··· O_2
C ··· O···OH

草　酸

C ··· O···OH
C ··· H_2
C ··· H_2
C ··· O···OH

乙二醇 (glycol)

C ··· O···OH
O_2
C ··· H
C ··· O···OH
C ··· O···OH
C ··· H
O_2
C ··· O···OH

酒　石　酸

C ··· O···OH
H_2
C ··· H_2
C ··· H_2
C ··· H_3

丁醇 (butyle alcohol)

H　　O　　N　　C

(1)　　(2)　　(3)　　(4)

上式（1）爲一價，（2）爲二價，（3）爲三價，（4）爲四價；這種式子未被學者所採用。

德國化學家科爾培 (Hermann Kolbé, 1818–1884)氏不相信原子連結的學說，而採用當量 (equivalent weights) 爲根據。他批評該爾哈特 (Gerhardt) 的狀式學說爲「玩化學式的把戲」，並無科學上的價值。他又說：『有機化合物都是從無機化合物衍生而來的，並且有時出於奇妙的簡單代替程序。』

一八六一年科爾培在化學年報上發表一篇論文，題爲有機化合物之自然分類法，(註三) 其中謂有機化合物由二氧化碳 C_2O_4 衍生而成；最初所成的爲沼氣 C_2H_4，即二氧化碳中的氧原子被氫原子置換而得的。因此用氫原子或甲基(radical methyl)與乙基(radical ethyl)等等以置換氫素，可以求得醇、醛、醋酸和酮的組成。換句話說，就是他認爲二氧化碳爲 C_2O_4，認爲醛、酮、醇等都是 C_2O_4 或 $2HOC_2O_4$ 的代替物或衍生物。請看下式：

$\left.\begin{matrix}C_2H_3\\H_2\end{matrix}\right\}C_2OOH$ ……………………………………醇

$\left.\begin{matrix}C_2H_3\\O_2\end{matrix}\right\}C_2OOH$ ……………………………………醋酸

$\left.\begin{matrix}C_2H_3\\H\end{matrix}\right\}C_2O_2$ ……………………………………醛

$\left.\begin{matrix}C_2H_3\\C_2H_3\end{matrix}\right\}C_2H_2$ ……………………………………酮

若將上式中的氧原子或碳原子各減一半，使 C=12, O=16，則其數值，便和現在的原子連結式的數值十分相近。

他的化學式中，有時須加水的分子，有時又不必加入，本嫌系統散漫，然而他居然能從這個觀念預測許多種化合物的存在，以及牠們的性質。譬如庫柏所預測的醇之異構物 (isomers)，有第二丙醇和第三丁醇等等，皆是當時所未曾見過的：

$\left.\begin{matrix}C_2H_3\\H_2\end{matrix}\right\}C_2OOH$ ……………………………………乙醇

$\left.\begin{matrix}C_2H_3\\C_2H_3\\H\end{matrix}\right\}C_2OOH$ ……………………………………第二丙醇

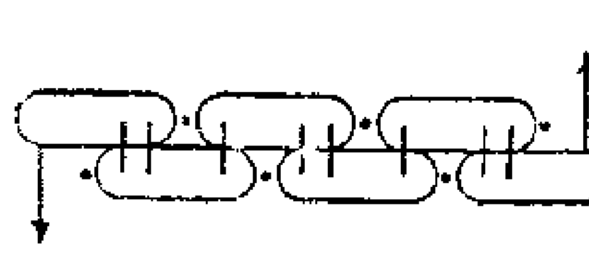
$\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\CH_3\end{matrix}\right\}C.OH$ ……………………第三丁醇

兩年之後，巴黎大學教授夫利得爾（Friedel）氏發現第二丙醇；又過兩年，部特勒羅(Von Butlerow) 氏發現第三丁醇；並且這兩種的性質，都和預測的彷彿。

* * * *

一八六五年刻古來氏在巴黎化學會的會報（註四）上發表牠的苯之構造學說，翌年又在利比喜氏化學年報上提出。這個學說可認為「全部有機化學中最美妙的科學預言」；有了牠不僅原子連結學說，能得達到完全獨立的境域，而且成千成萬的新化合物，都可從牠而衍生出來。我們可以說：有了刻氏苯的學說，有機化學纔有一日千里的進步；也可以說苯的學說成立以後，整個的世界便開始化學化了。

刻氏最初表示苯的構造所用的符號，十分奇特，茲錄於下，以示一斑：



上圖中[illegible]狀的橢圓形代表碳原子，黑點為氫原子，單直線和雙直線代表單價標(single linking)和雙價標(double linking)，兩端箭頭表示鍵的連結處。這個圖雖是直線式，實已含着環形構造的意義；至於雙價標的運用，十分顯明。

在第二次的論文上，他用六角形來表示苯式，並在角上寫a,b,c,d等字母，代表氫原子的位置。更由這種圖形，他預測每種化合物所可發生的異構作用(isomerism)。茲舉苯之溴素衍生物為例，以說明他的創見：

	衍生物名稱	異構物的數目
1.	一溴苯 (monobromobenzene)	一
2.	二溴苯 (dibromobenzene) ab, ac, ad	三
3.	三溴苯 (tribromobenzene) abc, abd, ace	三
4.	四溴苯 (tetrabromobenzene) 如(2)	三
5.	五溴苯 (pentabromobenzene)	一
6.	六溴苯 (hexabromobenzene)	一

根據凱氏學說，除製成多種「一個從換基之苯的衍生物」如酚(phenol)，苯胺(aniline)，苯甲

酸(benzoic acid)、溴苯等等之外，尚有多數「兩個置換基之衍生物」的異構體。再後示位規律(rules of orientation)發明，由此可以決定苯核上所置換之氫原子的位置，而對於有機物之化成法助力極大。刻納(Guglielmo Körner, 1839–1925)氏於一八七五年發表論文，闡述示位規律的內容與應用，(註六) 曾列舉兩個或三個置換基衍生物的關係，而謂ab可成abc和abd兩種，ac可成abc、abc和acd(=abd)三種，但ad只可成abd一種。兩個和三個置換基衍生物各基之位置的關係，從此確立。惟苯之構造式現有下列兩種寫法，孰是孰非，頗難遽下斷語；或者下列二式有變動的異構作用(tautomerism)，而為同時存在之構造式，亦未可知。自從這種環形化學式(ring formulæ)發明以後，於是萘(naphthalene)和其他各種芳香族烴屬，以及一氮三烯陸圜(吡啶)(pyridine)等等以前每苦無法表示其構造式之化合物，現在皆能自由表示了。以外如合松類$(C_5H_8)_x$

(terpene group) 之化合物及各種植物鹼，亦可採用環形分子構造式表明其成分。同時英國柏金（William Henry Perkin）氏曾用人工合成法製出多種環形衍生物，依一定系統，由簡而繁，條理井然不紊，更足爲刻氏學說眞理之佐證。美國斯羅孫（Edwin E. Slosson）氏批評刻氏苯的構造式曰：（註七）

「實際分子構造，並非定如此式。此乃一種理論，其於科學上之用，至巨且廣。依據此說，化學家能製新化合物，無慮千數百種，造福人類極深。近世治有機化學者，多究心發明新物。始則給一苯之環構式，或作一六角形。繼除去其一氫原子，而代以亞硝酸根（NO_2）；又去根中之氧，以氫，互加遞替，由簡而繁，若工程師之製圖焉。」

自從原子連結學說應用到芳香族化合物和環形化合物之後，除直接或間接引導化學家合成了各色各樣的化合物之外，又使得我們對於動植物質的構造比以前更明白；生物化學的發展就是由這種學說推進的。說到現代大工業的一切合成製造上，如藥物、染料、化粧品、調味素、炸藥、人造絲等等，眞是沒有一件不是受了這種學說的恩惠而發榮滋長的。

（註一）*Philosophical Magazine*, Vol. 16, p. 104.

（註二）Liebig's *Ann*, Vol. 106, p. 129.

（註三）Kolbé: A N. tural Classification of Organic Compounds, *Pogg. Ann. Chem.* Vol. 113.

（註四）見*Bulletin of the Chemical Society of Paris*, Vol. 3, p. 106.

（註五）見Liebig's *Annalen*, Bd. 137, p. 129.

（註六）*Gaz. Chim. Itahl.*, IV, p. 305.

（註七）張資珙譯化學的創造，商務刊版本。p. 53 (Slossen: *Creative Chemistry*, pp. 67-8, 1920).

附錄一　諾貝爾氏與近代化學

國立中央研究院化學研究所的湯元吉氏說過『稍有常識的人，沒有不知道國際學術界有一個代表最高榮譽的諾貝爾獎金的』；這位諾貝爾（Nobel）名愛弗雷（Alfred）瑞典人。他的生平據他在一八九三年受贈歐勃沙拉大學哲學博士榮譽學位時自己所寫的自傳道：

『本文作者生於一八三三年十月二十一日；他的學問從私塾得來，從沒進過高等學校。他特別致力於應用化學，生平所發現的炸藥，有猛炸藥（Dynamite）、無煙火藥，又稱「巴立斯迪」（Ballistite）或「C.89號」。一八八四年加入瑞典的皇家科學會、倫敦的皇家學會和巴黎的土木工程師學會。一八八〇年得瑞典「八星大勳章」，又得法國的大勳章。唯一的出版物，是一篇英文作品，得銀牌一面。』

諾貝爾一生致力化學工業，尤以對於炸藥的貢獻最大，由他的發明和努力，曾在歐洲各國親

自創辦和合辦十五家猛炸藥的大工廠，皆獲大利。他到老年對國際間的和平運動，興趣勃然；又認爲在物質上方面貢獻人羣最多的學者是社會上最需要的人；所以在一八九五年十一月二十七日他親筆寫下下邊一張遺囑：

「下列簽字人諾貝爾·愛弗雷·柏恩哈經審愼考慮之後，在我最後的遺囑內，宣布關於我死後處置遺產的辦法如下：

「我餘下的所有動產，請各執行人採用下列辦法，卽他們應將我餘下的資產，變爲金錢，存於妥當的地方保管，這筆資產，就成爲基金，其利息應撥充獎金，每年分配一次，獎給在過去一年中，對於裨益人類在物質上貢獻最多的那般人。上述利息應均分爲五份，按下列方法分配：一份獎給在物理學界有最重要的發現或發明的人；一份獎給成功的化學發現或改良的人；一份獎給在生理學界及醫學界有最重要的發現的人；一份獎給在文學界產生帶有想像傾向的最名貴的作品人；最後一份獎金的受獎者，應竭力地或有效地促進國際間親善，廢除或裁減常備軍，以及組成和平會議，並推廣之。物理學及化學獎金，應由斯托可爾姆瑞典科學研究

院（Svenska Vetenskapsakademion）發給；生理學及醫學獎金，由斯托可爾姆卡羅林醫學研究院發給；文學獎金，由斯托可爾姆研究院發給；和平獎金，由挪威國會選派五人，組織委員會發給。我確實希望在發給獎金時，不能考慮受獎人的國籍的任何問題；應審查誰是最應得獎的，不論他或她是否斯干的那維亞的血族。

「我已派定的遺囑執行人是索爾曼，住懷爾蘭德；浦浮司及黎棄桂司特，住斯托可爾姆馬姆司基那慈加香三十一號，又住歐黨華拉附近影慈浮。

「這是我唯一實用的遺囑，我死後如發現以前任何有遺囑性質的紀載，應予作廢。

「再則，我確願並命令在我死後，解剖靜脈管等，各醫生已看明致死的確徵後，將遺骸在火葬爐內焚化。愛弗雷柏恩哈·諾貝爾，簽於巴黎，一八九五年十一月二十七日。」

諾氏在一八九六年十二月十日作古，這張遺囑因為他從不相信律師的原故而未請律師作證，所以他死後會發生不少麻煩，但終於在一八九六年五月二十一日由瑞典政府用國家和人民的名義使牠發生效力了。諾氏的物理、生理和醫學、化學、文學及和平五種獎金都是從一九〇一年

起頗發的。諾氏在未死前曾說過所給獎金的數額要大些，以便那般「感到無從着手的困難」的科學幻想家，可以借他的資助而得貢獻於人類。所以向來得獎的化學家，由他的資助，都能任意進行他們的計劃。下邊是得過諾氏化學獎金的名單和勞績，讀者由此不難窺見他對於近今化學界影響的巨大！

• • • • •

一九〇一年得獎人：

凡特荷夫 (Vant' Hoff, Jacobus Henricus)，柏林大學教授，生於一八五二年，死於一九一一年三月三日；成績是發現關於化學的中力學，和溶液中滲透壓力的定律。

一九〇二年得獎人：

斐西耶 (Fischer, Emil)，柏林大學化學教師，生於一八五二年，死於一九一九年七月十五日；成績是糖類和嘌呤 (purin) 類組合的實驗。

一九〇三年得獎人：

阿累尼阿斯(Arrhenius, Svante August)，司塔克漢大學物理學教授，生於一八五九年，死於一九二七年十月二日；成績是電離學說，對於化學發展有特殊的貢獻。

一九〇四年得獎人：

拉姆塞(Ramsay, Sir William)，倫敦大學學院(University College)化學教授，生於一八五二年，死於一九一六年七月二十四日；成績是發現空氣中有惰性的氣體原質，並確定這些原質在週期表中的地位。

一九〇五年得獎人：

封・拜衣耳(Von Baeyer, Adolph)，明興大學化學教授，生於一八三五年，死於一九一七年八月二十日；成績是研究有機染料及芳香族化合物，以發展有機化學及化學工業。

一九〇六年得獎人：

麻桑(Moissan, Henri)，巴黎大學化學教授，生於一八五二年，死於一九〇七年二月二十一日；成績是研究並分離氟原質，又發明莫桑電鑪，貢獻於科學。

一九〇七年得獎人：

波赫納(Buchner, Eduard)，柏林農科大學 (Agricultural College) 化學教授，生於一八六〇年，死於一九一七年八月十二日；成績是研究生物化學及發現非細胞醱酵作用。

一九〇八年得獎人：

拉式福德(Rutherford, Ernest)曼徹斯特維多利亞大學物理學教授，生於一八七一年；成績是研究原質分解及放射體的化學性質。

一九〇九年得獎人：

俄斯特發爾特(Ostwald, Wilhelm Emeritus)，來普錫大學(University of Leipzig)理論化學教授，生於一八五三年；成績是研究媒觸劑，並研究關於化學平衡與反應速度的基本原則。

一九一〇年得獎人：

華拉赫 (Wallach, Otto)，哥廷根大學化學教授，生於一八四七年；成績是首先研究無環

化合物，貢獻於有機化學及化學工業。

一九一一年得獎人：

居禮夫人（Curie, Marie Skledowsks），巴黎大學物理學教授，生於一八六七年，成績是於化學發展有貢獻；發現鐳和釙，確定鐳的性質，並分離爲金屬狀態，研究鐳的化合物。

一九一二年獎金由下列兩人均分：

葛立納特（Grinard, Victor），南錫大學（University of Nancy）教授，生於一八七一年；成績是發現所謂葛立納特試劑（Grinard reagent），由是近來的有機化學進步甚快。

沙巴梯葉（Sabatier, Paul）透魯西大學（University of Toulouse）的教授，生於一八五四年；成績是用金屬粉使有機化合物與氫化合（Hydrogenation）由是近年的有機化學進步甚快。

一九一三年得獎人：

弗納（Werner, Alfred），蘇黎世大學（Univerity of Zurich），生於一八六六年，死於一

九一九年十一月十五日；成績是研究分子內的原子組合，由此在舊的研究門徑，放一異彩，並開闢新的門徑，尤其是在無機化學方面。

一九一四年獎金，於一九一五年頒給：

利查茲(Richards, Theodore William)，麻省劍橋哈佛大學的教授，生於一八六八年，死於一九二八年四月二日；成績是將許多化學原質的原子量，加以準確的核定。

一九一五年得獎人：

特爾斯推特 (Willstatter, Richard)，明興大學的教授，生於一八七二年，成績是研究植物的有色體，尤其是葉綠素。

一九一八年獎金，於一九一九年頒給：

哈柏(Haber, Fritz)柏林——達冷 (Berlin-Dahlem)，生於一八六八年；成績是用組合法製成硇精。

一九一九年獎金，於一九二〇年撥充化學給獎組的特種基金。

一九二〇年獎金，於一九二一年頒給：

奈兒恩斯特(Nernst, Walther)教授，柏林，生於一八六四年；成績是研究熱力化學。

一九二一年獎金，於一九二二年頒給：

索提(Soddy, Frederick)牛津大學教授，生於一八七七年；成績是闡明放射體的化學性質，並研究同位原素的來源及性質。

一九二二年得獎人：

阿斯吞(Aston, Francis William)博士，劍橋，生於一八七七年；成績是用他發明的質分光計(Mass spectrograph)，在各項不放射性物質內，發現許多的同位原素，並發現整數定理(Whole number rule)。

一九二三年得獎人：

勃雷格爾(Pregl, Fritz)，奧國格拉士大學(University of Graz)的教授，生於一八六九年；成績是發現用微量分析法，分析有機化合物。

一九二四年獎金，於一九二五年撥充化學給獎組的特種基金。

一九二五年獎金，於一九二六年頒給：

徐格蒙迪(Zsigmondy, Richard)，哥廷根大學無機化學及膠質化學教授，生於一八六五年，死於一九二九年九月二十五日；成績是表明膠質溶液的不勻和性，並用以表明的方法，關係近代膠質化學的成功頗大。

一九二六年得獎人：

師費堡(Svedberg, the)，歐沙拉大學理論化學教授，生於一八八四年；成績是研究分散系(Disperse systems)。

一九二七年獎金，於一九二八年頒給：

維蘭德(Wieland, Heinrich)，明興大學教授，生於一八七七年；成績是研究膽汁酸及其相似物的成分。

一九二八年得獎人：

溫道司(Windaus, Adolf)，哥廷根大學教授，生於一八七六年；成績是研究醋醇 (Sterol) 以及醋醇對於活力素（維他命）的關係。

一九二九年得獎人：

英國哈登・亞搭爾 (Arthur Harden) 和瑞典歐拉・奇爾賓 (Hans Karl August Euler-Chelpin) 二氏共得。哈登生於一八五六年，爲倫敦大學生物學教授。歐拉於一八七三年生，任斯哥德爾摩大學 (Stockholm University) 教授。成績是研究糖之發酵，和發酵的酵素 (formentative enzymes)。

見 *Nature* Vol. 125, p. 534 (1930).

一九三〇年得獎人：

德國斐西耶・濮士教授 (Hans Fischer)，一八八一年生，任明興工業大學教授。成績爲人類血液的研究。

見 *Nature*, Vol. 126, p. 820 (1930);

又 *Chemical Education*, Vol. 8, p. 185 (1931).

一九三一年得獎人：

德國波斯黑 (Bosch, Prof. Karl)，一八七四年生；成績爲研究由空中淡氣所製之氨的接觸生成物。

見 *Nature*, Vol. 128, p. 789 (1932).

一九三一年得獎人，又有：

德國波爾家斯 (Bergius, Friedrich Karl Rudolph)，一八八四年生；成績爲多年研究由煤炭製造汽車油、機器潤油 (lubricating oil)、甲醛 (methanal) 及其他產物之功勞。

見 *Chemical Education*, Vol. 9, p. 173 (1932).

一九三二年得獎人：

美國郎格繆耳 (Dr. Irving Langmuir)，一八八一年生於紐約，任普及電氣公司研究員。成績爲研究在兩容間公共之界面 (interface) 上的分子之狀況與性質。

見 *Nature*, V. 130, p. 768(1932).**

---

* 參閱閔任先生譯諾貝爾傳(H. Schück and R. Sohlman: *The Life of Alfred Nobel*) 上海商務出版，定價一元八角。

** 以上三年的得獎人，係上海中央研究院化學研究所湯元吉先生代爲查得，附此致謝。

附錄二　本書所舉人名表

（本表中的漢譯人名，凡用括弧符號的，皆係根據拙譯燃燒素學說史上的名稱。）

A

Abegg, Richard, 1869–1910 阿培格。

Agricola. Georg, 1490–1555 阿基柯拉。

Albertus, Magnus, 1193–1280 阿柏塔・馬格那。

Ampère, André M., 1775–1836 安培。

Arago, Dominique F. J., 1786–1853 阿拉哥。

Archimedes, B. C. 287–212?阿基米得。

Arfvedson, Johann A., 1792–1841 阿爾費特孫。

Aristotle, B. C. 384-322 亞力士多德。

Arnold of Villanova, 1240-1313 亞諾爾特。

Arrhenius, Svante, 1859-1927, of Stockholm 阿累尼阿斯。

Aston, Francis W. 阿斯吞。

Auer Von Welsbach, Freiherr Carl 澳厄・豐・威爾巴哈，夫拉海爾・卡爾。

Avogadro, Amedeo, 1776-1856, Professor at Turin 亞佛加德羅。

B

Bacon, Francis, Viscount St. Alban's, 1561-1628 培根・法蘭西斯。

Bacon, Roger, 1214-1285 培根・羅哲爾。

Baeyer, Adolf Von, 1835-1917, Professor at Munich 培百（拜友耳）。

Balard, Autoine J., 1802-1876 巴拉。

Bayon, Pierre, 1725-1798 貝岩。

Becher, Johann J., 1635-1682, of Speyer 培赫（柏策）。

Bergman, Torborn, 1735-1784, Professor at Upsala 柏格曼（柏格門）。

Berthelot, Marcellin, 1827-1907, Professor at Paris 柏特羅。

Berthollet, Claude, L. 1748-1822, of Arcueil 柏托雷（貝叟來）。

Berzelius, Jakob J., 1777-1848, Professor at Stockholm 倍思利斯；柏齊力阿斯

Biot, Jean B., 1774-1862 俾俄

Black, Joseph, 1728-1799, Professor at Edinburgh 卜拉克。

Blagdon, Sir Charles, 1748-1820 布雷頓。

Boerhaave, Herman, 1668-1735, of Leiden 部爾哈末（卜海夫）。

Bohr, Niels 波爾。

Boisbaudran, P. ul E. Lecoq de, 1838-1912 布瓦書德郎。

Boullay,（見 Dumas）部萊。

Boyle, Hon Robert, 1627-1691, 波義耳, Earl of Cork 的兒子。

Bragg, Sir William 布剌格。

Brand of Hamburg,十七世紀漢堡的布朗特氏。

Brandt, Georg, 1694-1768 布朗特·佐治。

Brownrigg, William, 1711-1800 布勞利格。

Bunsen, Robert W., 1811-1899, Professor at Heidolberg 本生。

Bunsen and Matthieson 本生和馬提孫。

Butlerow, Alexander Von, 1828-1886 部特勒羅。

C

Cannizzaro, Stanislas, 1826-1910, Professor at Rome 康尼作羅。

Cavendish, Henry, 1731-1810 加萬粒栗（卡文提什）。

Chaptal, Jean A. C., Count Chanteloup, 1756-1832 沙普塔爾（察普塔）。

Debierne, André 得比爾納

D'Elhuyar, Don Fausto, 1755-1832 得爾胡頁。

Del Rio, Andros M., 1769-1849? 得爾·利俄

Démarçay Eugone A., 1852-1904 得馬爾賽。

Descostils Hippolyte C., 1773-1815 得斯考提爾斯。

Dioscorides, 代俄斯科利提斯，第一世紀時人。

Dixon, Harold B., 提克松。

Döbereiner, Johann W., 1780-1894 得培賴納。

Drew. (杜爲)。

Dulong, Pierro L., 1785-1838 丟隆格。

Dulong and Petit 丟隆格和柏提。

Dumas, Jean B., 1800-1884, Professor at Paris 杜馬。

E

Ekeberg, Anders G., 1767–1813 挨刻柏格。

Esson, William 挨生。

F

Fajans, Kasimir 腓楊斯。

Faraday, Michael, 1791–1867, Professor in London 法拉第。

Fischer, Ernst J., 1754–1831 斐西耶。

Fourcroy, Antoine F., 1755–1809 孚克拉（德・法柯）。

Frankland, Sir Edward, 1825–1899, Professor at London 佛郎克蘭。

Friedel, Charles, 1832–1899, Professor at Paris 夫利得爾。

G

Gadolin, Johann, 1760–1852 加多林。

Gahn, Johann J., 1745-1818 甘。

Galen 該楞（第二世紀）（格蘭）。

Gay-Lussac, Louis J., 1776-1850, 該·律薩克, Paris 人。

Geoffroy, Etienne F., 1672-1731 赭弗理。

Gerhardt, Charles F, 1816-1856, Professor at Strasbourg 該爾哈特。

Gibbs, J. Willard, 1839-1903, Professor at Yale 歧布斯。

Glauber, Johann R., 1603-1668 格勞勃。

Graham, Thomas, 1805-1869, Professor at London 格累姆。

Gregor, William, 1761-1817 格列高。

Grew, Nehemiah, 1645-1712 格魯。

Guldberg, Cato M., 1836-1902 古爾德堡。

Guyton de Morveau, 1737-1816 古宅·德·毛利。

H

Hahn and Meitner 罕和邁特納爾。

Hales, Stephen, 1677–1761 黑爾斯（海力士）。

H tchett, Charles, 1765–1847 哈舍特。

Henry, Louis, 1834–1913, Professor at Lonvain 亨利。

Herschell, Sir John F. W., 1792–1871 赫舍爾。

Higgin:, William, ?–1825 希金斯（海京思・威廉）。

Hj.lm, Petter J., 1746–1813 挨爾木。

Hoffmann August W., 1818–1892, Professor at London and Berlin 和夫曼。

Holl:ndus, 荷蘭都斯。（十四世紀人）

Holmberg, William, 1652–1715, of Batavia, 荷木柏格。

Holmyard, E. J., 荷姆耶得。

Hooke, Robert, 1635-1703, 霍克。

Hope, Thomas C., 1766-1844, 荷普，繼 Black 氏為 Edinburgh 大學教授，

K

Kane, Sir Robert, 1809-1890, Professor at Dublin 開恩。

Kekulé Von Stradonitz August, 1829-1896, Professor at Bonn 刻古來，

Kirwan, Richard, 1750-1812, Irish barrister, defended the phlogiston theory 客爾萬。

Klaproth, Martin H., 1743-1817, of Wernigerode 克拉普羅茲。

Körner, Guglielmo, 1839-1925 刻納。

Kolbé, Hermann, 1818-1884, Professor at Leipzig 科爾培。

L

Laar, P. Conrad, 拉爾。

Laurent, Augusto, 1809-1853 羅隆。

Mendoleef, Dmitri L. (1834–1907, O.S)., Professor at St. Petersburg 門得雷業夫。

Meyer, Lothar, 1830–1895 邁耳。

Mitscherlich, Eilhard, 1794–1863 密特射利赫。

Moissan, Henri, 1852–1907 麻桑。

Mosander, Carl G., 1797–1858 莫山得爾。

Moseley, Henry G. J., 1887–1915 摩斯利。

N

Newlands, John A. R., 1838–1898 紐蘭茲。

Nicholson, William, 1753–1815 尼古生。

Nilson, Lars, 1840–1899 尼爾孫。

O

Odling, William, 1829–1921, Professor at Oxford 俄特令。

Osann, Gottfried W., 1797–1866 歐思桑。

Ostwald, Wilhelm, Professor at Leipzig 俄斯特發爾特。

P

Paracelsus, 1493–1541, Professor at Bale 巴拉塞爾士。

Pasteur, Louis, 1822–1896 巴斯特。

Perkin, William H. 柏金。

Plutarch 普盧塔克。

Priestley, Joseph, 1733–1804 普利斯特利。

Proust, Joseph, 1753–1826, Professor at Madrid 普勞斯特。

Prout, William, 1786–1850, Doctor of Medicine, London 普勞特。

R

Ramsay, Sir William, 1852–1916 拉姆塞。

Ramsay and Travers 拉姆塞和特拉弗斯。

Raoult, Francois M., 1830–1901 拉烏爾。

Raymond Lully, 累蒙德·律利。（十三世紀人）

Rayleigh, John W. Strutt, Baron, 1842–1919 累利。

Regnault, Henri V., 1810–1878, Professor at Paris 累諾。

Reich 賴赫。

Rey, Jean, ?–1644 勒·嚴。

Richards, Theodore W., 1868–1928, Professor at Harvard 利查茲。

Richter, Jeremias B., 1763–1807 李希特。

Ripley, George, 1415–1490 利普利。

Roscoe, Sir Henry E., 1833–1915 羅斯科。

Rose, Heinrich, 1795–1864 羅斯。

Stromeyer, Friederich, 1776–1835, Professor at Göttingen 斯特羅邁厄。

Suidas, 修伊達斯，第十一世紀之百科全書派。

Sylvius, Francis de le Boe, 1614–1672 西爾維阿斯。

T

Tachenius, Otto, 1669 達賢尼亞斯。

Tennant, Smithson, 1761–1815, Professor at Cambridge 泰南特。

Thenard, Louis J. Baron, 1777–1857 泰那爾。

Theophrastus, 西俄夫拉斯塔斯，紀元前第四世紀時人。

Thomson, Sir Joseph J., 托姆松。

Thomson, Thomas, 1773–1852, Professor at Glasgow 托姆松。

Torricelli, Evangelista, 1608–1647 托利徹利。

Travers 特拉弗斯。

Tyler, Edward B., 泰勒爾。

U

Urbain, Georges, Professor at Paris 烏班。

V

Valentine 發楞泰因。

Van Helmont, Jean B., 1577–1644, Professor at Louvain 豊·海蟒。

Van't Hoff, Jacobus H., 1852–1911, Professor at Amsterdam 凡特荷夫。

Vauquelin, Louis N., 1763–1829, of Normandy 富古侖。

Vernon Harcourt, Augustus G., 1834–1919 弗農。

Volta, Allessandro, 1745–1827, Professor at Pavia 服爾塔。

W

Wango 偉格。

Walden, Paul 瓦爾登。

Watson, Richard, 1737-1816, Professor at Cambridge 窩宗。

Wenzel, Karl F., 1740-1793 溫塞爾。

Werner, Alfred, 1866-1919, Professor at Zurich 弗納。

Whewell, William, 1794-1866, Master of Trinity Cambridge 休挨爾。

Williamson, Alexander W., 1824-1904 Professor at London 威廉孫。

Winkler, Clemens A., 1838-1904 文克爾。

Wöhler, Friederich, 1800-1882, Professor at Gottingen 弗勒。

Wollaston, William H., 1766-1828 武拉斯吞。

Wurtz, Charles A., 1817-1884, Professor at Paris 浮茲。